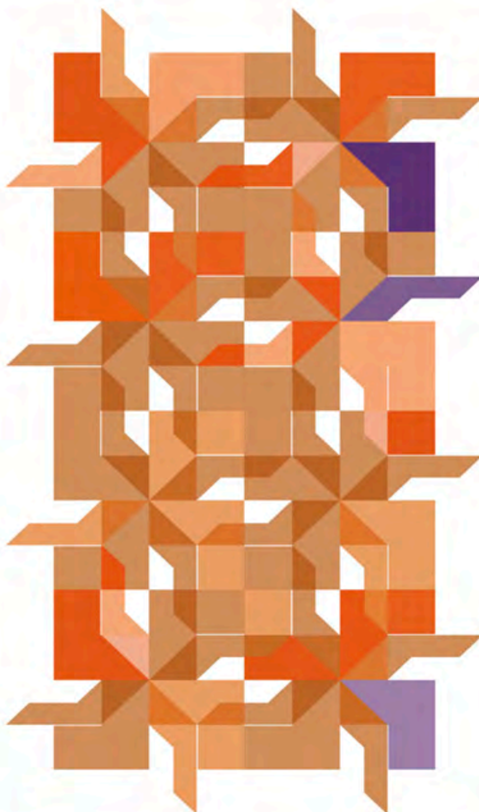
عالم المعرفة
سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها
المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت



الفن الضائع

ثقافات الملاحة ومهارات اهتداء السبيل

(الجزء الثاني)

تأليف: جون إدوارد هوث
ترجمة: د. سعد الدين خرفان

المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM


المجلس الوطني
للثقافة والفنون والآداب

عالم المعرفة
سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها
المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

صدرت السلسلة في يناير 1978
أسسها أحمد مشاري العدواني (1923-1990) ود. فؤاد زكريا (1927-2010)

الفن الضائع

ثقافات الملاحة ومهارات اهتداء السبيل

(الجزء الثاني)

تأليف: جون إدوارد هوث
ترجمة: د. سعدالدين خرفان



أكتوبر 2016
441

ترسل الاقتراحات على العنوان التالي:
السيد الأمين العام
للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
ص. ب: 28613 - الصفاة
الرمز البريدي 13147
دولة الكويت
تليفون: 22431704 (965)
فاكس: 22431229 (965)
www.kuwaitculture.org.kw

التنضيد والإخراج والتنفيذ
وحدة الإنتاج في المجلس الوطني

ISBN 978 - 99906 - 0 - 522 - 8

العنوان الأصلي للكتاب

The Lost Art

of

Finding Our Way

by

John Edward Huth

Published by arrangement with Harvard University Press

طُبع من هذا الكتاب ثلاثة وأربعون ألف نسخة

ذو الحجة 1437 هـ ـ أكتوبر 2016

المحتوى

الفن الضائع
الجزء الثاني

WITHE

9

عند التقاء السماء بالأرض

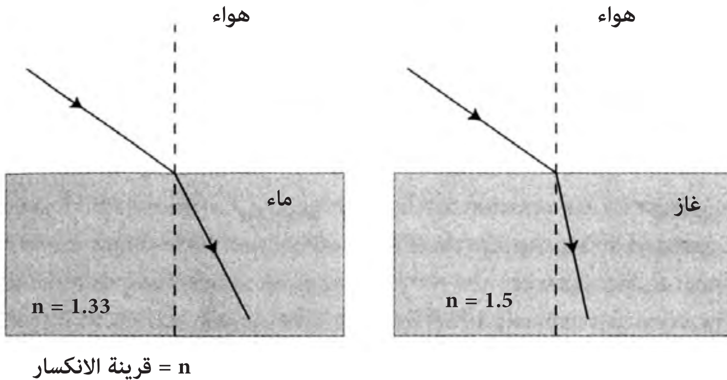
يتحــدث عــدد مــن أســاطير الخلق عن الوقت الذي انفصلت فيه الســماء عن الأرض. ربما تعود جذور الولع البشري الواضح بالسطح الفاصل بين السماء والأرض إلى الخبرة المشتركة للمشاهد البعيدة. مع تحديقك في الأفق، عبر البحر أو على متن طائرة، تبدو الأشــياء أصغر فأصغر. تتشــوه الملامح في السديم البعيد إلى أن تستقر عيناك على حد فاصل تلتقي السماء فيه مع الأرض: الأفق (horizon).

يقاس ارتفاع جسم ســماوي فوق الأفق بواسطة الملاحة السماوية. على الضوء الصادر من جســم ما في الفضاء الخارجــي أن يقطع عــدة أميال في الهواء قبــل أن يصل إلى عيني مراقب عــلى الأرض. على طول المســار الذي يتبعه الضــوء تحني الكثافــة المتزايدة للهواء الضوء، مســببة انزياحا بــين الارتفاع الملاحظ والارتفاع الحقيقي. للحصول على أكبر دقة من الملاحظات الســماوية، على المــلاح أن يصحح لتأثيرات انحناء الضوء في الغلاف الجوي.

«في أحــد الأيــام ظــنّ الرجــلان الأبيضان أنهما شاهدا أرض كروكر، غــير أن رفيقيهما من الإنويت قالا إنه مجرد سراب»

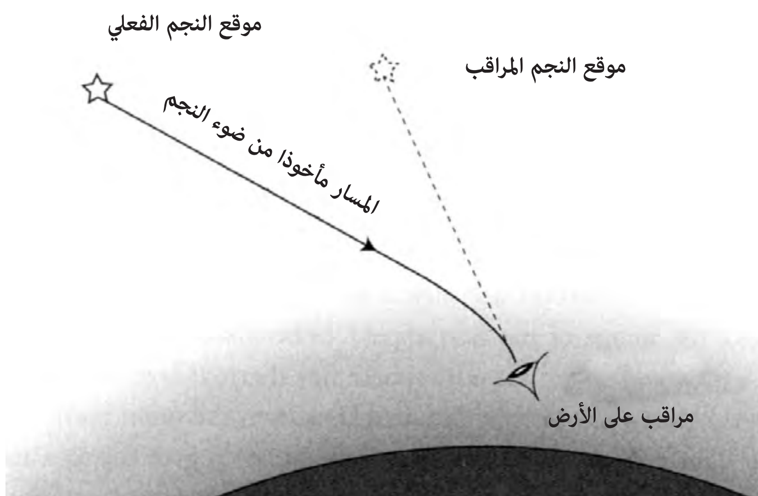
يأتي تأثير ثانٍ عندما يستخدم الملاح الأفق لمعرفة الارتفاع. ارتفاع الأفق نفسه ليس الصفر دوما، بسبب انحناء سطح الأرض. كلما ارتفع المراقب بدا الأفق أخفض. مرة أخرى، للحصول على قياس دقيق لارتفاع النجم أو الشمس، على الملاح أن يصحح للانزياح الظاهر للأفق. عندما يكون تثبيت الموقع لدقة عدة أميال مهما، فإن تأثير انحناء الضوء في الغلاف الجوي وانزياح الأفق كليهما مهم.

عندما يمر الضوء خلال السطح الفاصل بين مادتين شفافتين، فإنه ينحني بعملية تدعى الانكسار (refraction). نعرف ذلك عندما نرى تشوه صورة ملعقة مغمورة إلى منتصفها في كأس من الماء. يعبر عن مقدار الانحناء برقم يدعى قرينة الانكسار (Index of Refraction) أو n. قرينة الانكسار هذه خاصة ذاتية للمواد الشفافة. الفراغ التام، والفضاء الفارغ له قرينة انكسار تساوي 1. للماء قرينة انكسار تساوي 1.33 وللزجاج 1.5. في الشكل (92) يمكنك أن ترى أنه عندما يمر الضوء من الهواء إلى الزجاج فإنه ينحني أكثر مما يفعل عند مروره من الهواء إلى الماء. قرينة انكسار الهواء عند سطح البحر تساوي 1.0004 غير أنها تختلف باختلاف درجة الحرارة والضغط. تختلف قرينة الانكسار من أعلى الغلاف الجوي إلى سطح الأرض باستمرار مع الارتفاع، وتصبح أكبر كلما أصبح الهواء أكثف.



الشكل (92): انحناء الضوء عند السطح الفاصل بين وسطين بقرينتي انكسار مختلفتين. يكون الانحناء نحو الناظم (الخط المنقط) أكبر عندما تكون قرينة الانكسار أكبر.

بالنســبة إلى الهواء تعتمد قرينة الانكســار على الكثافــة: فالهواء الأكثف له قرينة انكسار أكبر. يصبح الهواء أكثف كلما اقتربت من سطح البحر، خالقا انتقالا مستمرا من وسط متخلخل إلى وسط كثيف. الأمر كما لو أن هناك عددا كبيرا من الحــدود الفاصلة الصغيرة من أعلى طبقات الغلاف الجوي إلى الهواء الأكثف عند مستوى المراقب. عند كل حد من هذه الحدود الفاصلة ينحني الضوء وهو متجه إلى سطح الأرض. يظهر الشكل(93) تأثير هذا الانحناء. لذا تبدو النجوم والأجسام الأخرى أعلى في السماء مما هي عليه حقا.



الشــكل (93): تأثير الانكسار في الغلاف الجوي لرفع موقع جسم سماوي مراقب. جرت المبالغة في حجم هذا التأثير في الشكل لإيضاحه.

عند معاينة جسم سماوي يسجل الملاح درجة حرارة الهواء وضغطه. للحصول عــلى قيمــة صحيحة لارتفاع النجم فوق الأفق عليــه أن يجري تصحيحا مبنيا على نموذج لكثافة الغلاف الجوي من الطبقات العليا نزولا إلى سطح البحر. يمكن العثور على التصحيح عادة من عملية حسابية سريعة. في معظم الحالات يجعل الانكسار الارتفاع الملاحظ أعلى من الارتفاع الحقيقي، كما هو واضح من الشكل (93).

بالنسبة إلى الحالات المتوسطة، إذا لوحظ نجم على ارتفاع 60 درجة فسيكون التصحيح دقيقة قوسية واحدة فقط. عند ارتفاعات أقل يدخل الضوء إلى الغلاف الجوي بزوايا تزداد ميلا، ويقطع مسافات أطول. ونتيجة لذلك ينحني الضوء أكثر، ويصبح الانكسـار أكبر. التصحيح النموذجي بالنسـبة إلى نجم عند الأفق هو في حدود 34 دقيقة قوسية أو أكثر من نصف درجة. يدخل الخطأ في حساب ارتفاع نجم مباشرة في خطأ تحديد موقعه. وبما أن دقيقة قوسية واحدة من خط العرض مكافئة لميل بحري واحد، يمكن أن تكون تصحيحات الانكسـار ضخمة وحاسـمة بالنسبة إلى ملاحة دقيقة.

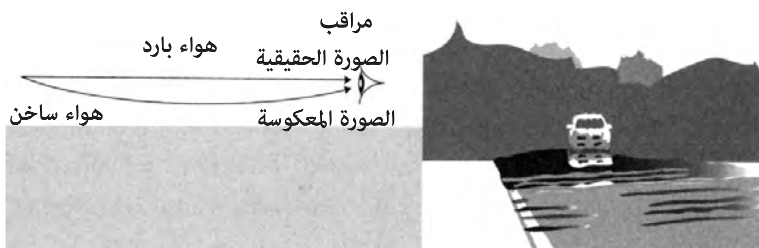
إحـدى العواقب الغريبة بالنسـبة إلى الانكسـار هي تحديـد موعد شروق الشمس وغروبها. عندما ترى صورة الشمس وهي تلامس الأفق تكون قد غربت فعلا. كيف يمكن لهذا أن يحدث؟ للشمس قطر يعادل 32 دقيقة قوسية، كما أن معدل الانكسار عند الأفق هو في حدود 34 دقيقة قوسية. من الجدير بالملاحظة، غير أنها مجرد مصادفة، أن تكون لهما القيمة نفسـها تقريبا. بما أن الأرض تدور بمعـدل درجة كل أربع دقائق، فهذا يعني أنها تسـتغرق أكثر بقليل من دقيقتين لتـدور بمقدار يعـادل قطر الشـمس. في اللحظة التي ترى فيها حافة الشـمس السـفلى تلامس الأفق، فإنها تكون مسبقا تحت الأفق. عند مستوى سطح البحر تكـون لحظـة الغياب الحقيقية دقيقـة تقريبا قبل أن تـرى الجزء الأخفض من القرص الشمسي يلامس الأفق مباشرة.

يكون الانزياح الناجم عن الانكسـار أكبر ما يمكن عند الأفق، وغالبا ما يجعل صورة الشـمس تبدو مسـطحة أفقيا. في الحالات المتطرفة، إذا كان هناك تطبق حـراري (Thermal Layering) في الغلاف الجوي، فسـيبدو كما لو أن جزءا من الشـمس قد انفصل عن جسمها الرئيس، وسينطفئ الضوء مع انفجار قصير بلون أخضر يدعى «الوميض الأخضر».

السراب

تعمـل التصحيحـات العادية المسـتخدمة من قبل الملاحين بشـكل جيد في معظم الظروف، لكن يمكن أن تحدث أشياء غريبة بالقرب من الأفق بالنسبة إلى

الصور البعيدة. يفترض النقاش المسبق أن درجة حرارة الهواء وضغطه ينخفضان ببطء كلما ارتفعت في الغلاف الجوي. غير أنه يمكن لظروف الطقس أن تغير هذا كله تماما. في الصيف، عندما تضرب الشمس الحارة طريقا ما، تبدو برك ماء غامضة على سطحه. يدعى هذا أحيانا بسراب الطريق الساخن، كما هو موضح في الشكل (94).



الشكل (94): سراب الطريق الساخن.

الهواء البارد أكثف من الهواء الساخن وله قرينة انكسار أعلى. تحت تأثير شمس الصيف، تسخن سطوح الطرقات بسرعة خالقة طبقة من الهواء الساخن محصورة فوق السطح مباشرة، مع طبقة من هواء أبرد فوقها. تنحني أشعة الضوء التي تقترب من السطح نحو الأعلى من السطح الساخن. يرى المراقب الاثنين: الأشعة المباشرة – الصورة «الحقيقية» – وأيضا أشعة تبدو كأنها انعكست، خالقة صورة ثانية. هذه الصورة الثانية معكوسة، ما يعني أن الأعلى والأسفل معكوسان في الصورة المنكسرة. يخلق التأثير الذي يبدو كبرك الماء من انعكاس الضوء من السماء ومن الأجسام في الأعلى. خاصة أخرى للصور التي ترى من بعيد في يوم حار هي النوعية المتلألئة للخيالات البعيدة. يصعد الهواء الساخن بموجات، ويركز أو يمدد أشعة الضوء التي تصل إلى أعيننا.

ما العلاقة بين السراب والملاحة؟ يخضع أي جسم سماوي قرب الأفق إلى غرائب الانكسار نفسها التي تخلق السراب. هذه مشكلة لا يمكن التغلب عليها تقريبا، غير أنه في بعض الأحيان تكون الرؤية عند ارتفاعات منخفضة ضرورية. يمكن تشويه موقع الأفق بتطبق الهواء عن بعد. يمكن تشويه مظهر الكتل البرية أيضا. ربما تبدو

جزيرة بعيدة متصلة منقسـمة إلى سلسـلة من الجزر الصغيرة بحسـب الظروف الجوية. يجد الملاحون الحذرون الذين يراقبون المشـهد في يوم بهواء سـاخن فوق مياه باردة نتائجهم غير دقيقة بصورة مدهشة. من الصعب تصحيح الظروف التي تخلق السراب، لكن بعض الفهم للظاهرة يساعد على الأقل في هذا المجال.

كمثال على التأثيرات الحرارية للأجسـام البعيدة قرب الأفق، يظهر الشـكل (95) ثـلاث صور أخـذت في أوقات مختلفة من اليوم من الموقع نفسـه. الصور هـي لمنارة مهجورة عـلى جزيرة تبعد 8 أميال من آلة التصوير بالقرب من الأفق الفيزيـائي. الفـارق الكبير بين الصور الثلاث هو التغـير في دقة الفصل للخصائص البعيدة خلال اليوم. أخذت الصور بالشروط ذاتها.



الشـكل (95): ثلاث صور لمنارة عـلى جزيرة تبعد 8 أميال. أخذت الصـور في الصباح والظهيرة وأواخر بعد الظهر بآلة التصوير ذاتها.

في الصورة العليا هناك طبقة من الهواء البارد فوق هواء ساخن فوق سطح المحيط مباشرة، خالقة صورة مقلوبة للمنارة وأجزاء من الجزيرة. صورة الجزيرة نفسها مقسمة إلى سلسلة من جزر أصغر. في الصورة المتوسطة، المأخوذة في منتصف النهار، اختفت الصورة المقلوبة، غير أن الجزيرة المتصلة مازالت تبدو كسلسلة من الجزر الصغيرة. الأفق الفعال هو عند الأطراف الأدنى من الجزيرة مباشرة أو فوقها. أخذت الصورة الأخيرة من الصور الثلاث قبل الغروب مباشرة. انخفض الأفق الفعال، ما سمح برؤية الجزيرة بكاملها، وهي تبدو الآن مثل كتلة برية متصلة. المنارة في الصورة هي بطول 50 قدما. يمكنني رؤية الأفق إلى دقة تبلغ ثلث ارتفاع المنارة وليس أكثر. يوحي هذا بأن التأثيرات الحرارية سوف تمد رؤيتي في حدود واحد ونصف دقيقة قوسية، والذي يترجم إلى عدم تأكد يبلغ ميلا ونصف الميل البحري في تحديد الموقع.

يوضح الانزياح في الأفق في هذه الصور حدود الدقة في الملاحة السماوية: 1 دقيقة قوسية، أو 60/1 من الدرجة، هي أفضل ما يمكن للمرء أن يتوقعه. من أجل دقة أكبر، يصبح المرء في حاجة إلى نوع من الأجهزة التي يستخدمها المساحون أو الفلكيون والتي تستخدم قوة الجذب المحلية كمرجع لها بدلا من الأفق. لسوء الحظ فهذا غير عملي على متن سفينة أو في رحلة طويلة.

في بعض الأحيان يمكن لتطبق الغلاف الجوي أن يحدث ظروفا غريبة جدا. فيما يلي تقرير عن مشاهدة غريبة لمدينة ميلواكي، على بعد 75 ميلا عبر بحيرة ميتشيغان:

> حدث مثال على هذا في مساء 26 أبريل 1977، عندما نظر سكان غراند هيفن في ميتشيغان غربا فوق بحيرة ميتشيغان، ورأوا أضواء المدينة. مدينة ميلواكي على بعد 75 ميلا، هي هندسيا تحت الأفق بكثير، وبعيدة عن مجال الرؤية من غراند هيفن. أقنعت مشاهدة ضوء أحمر متلألئ الناظرين بأن ميلواكي هي المدينة المرئية فوق البحيرة: وقت مراقب ذكي زمن الومض، واتصل بشخص في مدينة ميلواكي ليحدد الوقت. اتفقت قياساته مع تردد وميض الضوء الأحمر شرقا من مدخل ميناء ميلواكي. أظهرت سجلات الطقس لتلك الفترة انقلابا قويا في درجات الحرارة فوق البحيرة[1].

في أواخر القرنين الســابع عشر والثامن عشر دعيت ظاهرة الانكسار القريبة مــن الأفق «اللوحــان» (looming) من قبل البحارة. إضافــة إلى سراب الطريق الســاخن البســيط والأفق المشــوه، يمكن لطبقات من الهواء الساخن فوق مياه باردة أن تســبب تشــوهات غير عادية. في رحلة قمت بها بقــارب الكاياك قرب شاطئ داون إيست في مين كانت درجة حرارة الماء في الخمسينيات، غير أن درجة حرارة الهواء كانت في التســعينيات. خلال مســار الرحلة كانت هناك مشاهدات غريبــة عدة: هياكل متطاولة بشــكل غريب، وتضخيم لأشــجار بعيدة، وســفن حاويات تظهر عائمة في وســط الهواء، ومنارات تظهر في أماكن غير موجودة على الخرائط حتى شاطئ نوفا سكوتيا على بعد ثمانين ميلا.

التشوهات المشابهة لتلك التي رأيتها في مين شائعة نسبيا في المياه القطبية، حيث كثيرا ما يركد الهواء الدافئ فوق مياه باردة جدا في أشــهر الصيف. كتب مكتشــف القطب الشمالي وليام سكورسبي حول ظاهرة اللوحان في العام 1820 ما يلي:

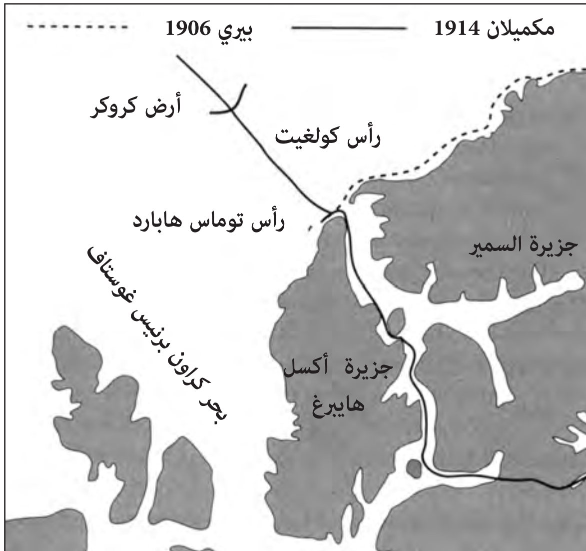
هناك عــدة ظواهر حول اعتــماد الغلاف الجوي على الانعكاس والانكســار تســتحق التنويه. ذكر مسبقا موضوع ومض الجليد (ice-blinks)، عند الحديث عن الجليد. في ظروف محددة، تبدو الأجسام جميعها التي ترى في الأفق مرتفعة فوقــه بـ 2 - 4 دقائق أو أكثر، أو إنها تبــدو متطاولة أكثر من أبعادها الحقيقية. الجليد والأرض والســفن والقوارب والأجســام الأخرى، عندما تكبر بهذه الطريقة وترتفع يقال إنها تلوح في الأفق. يرتبط الجزء الأســفل من الأجسام التي تلوح في الأفق أحيانا بأفق محسوس باستطالة ظاهرية نسيجية أو عمودية لأطرافها. هذه الأعمدة عمودية دوما على الأفق، وتظهر في أحيان أخرى كأنها مرفوعة في الهواء، حيث يشاهد فراغ بينها وبين الأفق. تلاحظ هذه الظاهرة كثيرا عند هبوب رياح شرقية أو قبل ذلك وتعتبر عموما مؤشرا على هذه الرياح[2].

تدعى الصور المتطاولة (Elaborated Images) للأجســام بالقرب من الأفق أحيانا ظاهرة فاتا مورغاناس (fata morganas). يأتي هذا من الاســم المستخدم مــن الشــعراء الطليان في القرن الثالث عشر لمورغان لــو في، الأخت الجميلة غير الشــقيقة للملك آرثر، والتــي تعوم في الهواء وتظهر بأشــكال غريبة. يمكن لفاتا مورغانــاس أن تبدو أحيانا على شــكل قلاع من بعيد. وتظهر هــذه غالبا نتيجة

اندماح خيال مقلوب مع آخر حقيقي يرتبطان معا بعمود نحيف. بعد أن رأيت بعضها بنفسي، أؤكد أنها تبدو كهياكل مصنوعة من قبل البشر تعوم في الهواء.

مطاردة السراب

يمكن أن تكون الفاتا مورغاناس مضللة خصوصا في القطب الشمالي. كان المستكشف الأمريكي روبرت بيري في رحلة استكشافية في الأرخبيل الكندي غرب شمال غرينلاند. كان الهدف الرئيس من الرحلة محاولة الوصول إلى القطب الشمالي، لكن بيري أجرى استطلاعات للمنطقة أيضا. تتبع الساحل الشمالي لجزيرة السمير إلى جزيرة آكسل هايبرغ البعيدة والمقفرة (الشكل 96). من ارتفاع 2000 قدم على قمة كيب كولغيت لجزيرة السمور كتب بيري: «مد الشمال السطح المجعد والمعروف لحزمة الجليد، وإلى الشمال الغربي دهشت عندما أظهرت نظاراتي القمم البيضاء الشاحبة لأرض بعيدة، والتي ادعى رفاقي من الإسكيمو أنهم رأوها ونحن قادمون من آخر مخيم»[(3)].



الشكل (96): طرق بعثة بيري ومكميلان بالقرب من جزيرة أكسل هايبرغ والسمير. يشار إلى الموقع المفترض لأرض كروكر التي كتب بيري عنها.

بعد 6 أيام من ذلك، من قمة رأس ثوماس هوبارد على جزيرة أكســل هايبرغ كتب ما يلي: «ساعد النهار الجلي عملي بنحو عظيم في قياس مجموعة من الزوايا، وبواسطة النظارات استطعت أن أميز بوضوح أكثر القمم المغطاة بالثلوج للأرض البعيدة إلى الشمال الغربي، فوق أفق الجليد»[4].

سمى تلك الأرض أرض كروكر على شرف جورج كروكر أحد الداعمين لنادي بيري القطبــي، وقدر موقعها عند 83 درجة شــمالا و100 درجــة غربا على بعد أكثر من مائة ميل من مكان مشاهدتها. ادعى أن اكتشافه هو أحد أهم اكتشافاته في رحلته الاستكشافية، مع الوصول أبعد شمالا إلى 174 ميلا بحريا من القطب الشمالي.

حــاز مبدأ أرض كروكر تأكيــدا أكبر. في العام 1911 ألَّف رولين آرثر هاريس من هيئة مسح الساحل والجوديسيا الأمريكية مجلدا ضخما بعنوان أمواج المد القطبية. عــرض في هذا المجلد تجميعا وتحليلا مفصلين للمد وللأمواج التي ذكرت في المحيط القطبي. خرج من اختباراته بنتيجة مفادها أن من الممكن تفســير بيانات المد فقط بافــتراض وجود كتلة برية كبيرة في المنطقة غير المستكشــفة من القطب الشــمالي، والتي تمثل أرض كروكر جزءا صغيرا فقط منها. في الواقع فإن عمق المحيط أكبر من 3500 قدم، حيث ادعي أن أرض كروكر وجزيرة هاريس الضخمة موجودتان[5].

في العــام 1913 نظــم دونالد ماكميلان وهو مستكشــف قديم من رحلة بيري للعام 1906 رحلة لعبور الجليد البحري من جزيرة آكســل هايبرغ للعثور على أرض كروكر الأمريكية. شَــقَّ فريقه طريقه شمالا باتجاه غرينلاند على السفينة البخارية ديانــا، لكنها اصطدمت بجبل جليدي وغرقت. اســتطاعوا ركوب ســفينة أخرى إلى ايتاه في شمال غرب غرينلاند. وهناك أقاموا قاعدة لهم، وفي الربيع التالي ساروا نحو جزيرة آكسل هايبرغ.

كان الطريــق ملتويا وتعرضوا للأمــراض وقرصات الجليد. اســتطاع أربعة من الفريق فقط الاســتمرار من جزيرة آكســل هايبرغ عبر الجليــد في البحر نحو أرض كروكر: ماكميلان ومتطوع في البحرية اســمه فيتزوغ غرين وخبيران مخضرمان من الإنويت قاما برحلات ســابقة هما بي أوا تو، واي توك آ شو. غامروا بالإبحار لمسافة مائة ميل في الجليد البحري نحو الشمال الغربي. في أحد الأيام ظن الرجلان الأبيضان أنهما شاهدا أرض كروكر، غير أن رفيقيهما من الإنويت قالا إنه مجرد سراب:

21 أبريـل كان يوما جميلا، انحسر الضباب كله، وامتدت السـماء الزرقـاء الصافية حتى الأفق. لم يكد يخرج غريـن من الكوخ حتى عاد راكضـا وهو يصيح من خلال البـاب «لقد حصلنا على ما نريد!»، ركضنا وراء غرين إلى أعلى تلة. لم يكن هناك أدنى شك حول المسألة. ياللسماء! ما هـذه الأرض؟ هضاب وأوديـة وقمم مغطاة بالثلـوج تمتد إلى مائة وعشرين درجة من الأفق على الأقل. التفت إلى بي واه تو بقلق وسـألته عـن النقطة الأفضل التي يجب أن نتوجـه إليها. بعد أن تفحّص الموقع المفـترض بعناية لعـدة دقائق، فاجأني بالقول إنـه يعتقد أن هذا مجرد سراب. لم يقدم الهندي الآخر اي توك شـو أي تشجيع بالقول «ربما هي كذلك». بقي غرين مقتنعا بأنها لا بد أن تكون أرضا. على أي حال، كانت تستحق المشاهدة. مع تقدمنا غيّرت الأرض تدريجيا مظهرها وتغيرت في المدى مع الاستدارة مع الشمس، وأخيرا اختفت تماما في أثناء الليل. ومع شرب الشـاي الساخن، وقضم القديد، فكّرنا: ألا يمكن أن يكون بيري مع خبرتـه الطويلة مخطئا؟ هل كان ذلك الـسراب الذي خدعنا هو الشيء نفسه الذي خدعه منذ ثماني سنوات مضت؟ لو أنه رأى أرض كروكر حقا، فـلا بد أنها كانت أبعد من 120 ميلا بكثير، لأننا الآن على مسـافة 100 ميل على الأقل من الشاطئ، ولا شيء هناك في الأفق[6].

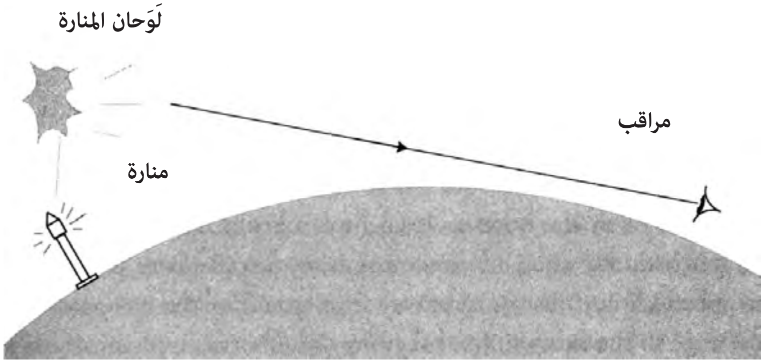
بعـد ذلك بفترة قصيرة اقتنع ماكميـلان بأنه خدع بظاهرة فاتا مورغانا: اقتنعنا بأننا كنا نلاحق شـبحا يتغير باستمرار، يبتعد دوما، ويجذبنا إليه دوما. «بدأ الجليد في البحر يذوب تحتهم، لذا عادوا بسرعة إلى جزيرة آكسل هايبرغ. من النقطة ذاتها التي وقف فيها بيري في العام 1906، رأوا مرة أخرى ملامح أرض كروكر عن بعد. مع ذلك، لم يخرج ماكميلان من المشـكلة تماما، إذ كان عليهم أن يقطعوا مسـافة ألف ميل إلى مخيمهم.

اللوحان

مـع الزمن اتخذ مصطلح اللوحان (looming) معاني تختلف عن الإحسـاس الأصلي بالسراب. في الاستخدام الشائع له فإنه حادث أو جسم يبدو أكبر مما هو في الواقع. وبالمصطلحات البحرية، أصبح يعني وميضا في السـماء مرتبطا بأضواء لامعـة في الليل. الأضواء نفسـها هي فوق الأفق، لكن يمكـن رؤية وميضها يلوح

عند الأفق تماما. يبدو أن الاستخدام الحديث قد تطور في الوقت نفسه مع اختراع الأضواء الكهربائية في المنارات واستخدامها منذ نحو العام 1880. سابقا لم تحدث المنارات المضاءة بالبترول شدة إشعاع كفيلة بإحداث لوحان عند الأفق.

كثيرا ما يمكننا أن نرى في الليل أضواء مدينة أو منارة لا ترى عادة من الأفق على شكل وميض باهت في السماء.(الشكل 97). ينجم هذا عن ضوء على السطح أو قريبا منه ينتشر بواسطة دقائق صلبة في أعلى الغلاف الجوي. من منزلي على الشاطئ الجنوبي لكيب كود، لا يمكنني، بشكل مباشر، رؤية نانتاكيت، التي تبعد مسافة عشرين ميلا وأخفض نسبيا. من جهة أخرى في ليلة صافية يمكنني رؤية لوحان المنارة على الزاوية الشمالية الشرقية للجزيرة، ولوحان أضواء مدينة نانتاكيت نفسها.



الشكل (97): لوحان أو توهج في السماء ناجم عن مصدر ضوئي فوق الأفق.

بينما قد لا يكون تقدير المسافة من لوحان مدينة أو منارة في الليل دقيقا، فإن الضوء يعطي اتجاها واضحا للجسم، ويمكن استخدامه في الملاحة. لا يعمل هذا في البحر فقط بل إنه يعمل على اليابسة أيضا، حيث لا يمكن رؤية مدينة أو بلدة كبيرة من بعد بسبب الهضاب الماثلة أمامها، لكن الوميض سيكون واضحا في السماء، ويمكن أن يساعد في إيجاد الطريق. بما أن الضوء من اللوحان يمر خلال مسافة طويلة عند زاوية منخفضة في السماء، يبدو اللون مائلا نحو الأحمر البرتقالي. ربما يعود هذا إلى تأثيرين: -1 اللون المميز لضوء مصابيح بخار الصوديوم

البراقة على الطرقات، -2 تأثير التشـــتت نفسه الذي يخلق الأضواء المحمَرة لأشعة الشمس عند الغروب. لاحظت اللوحان المحمر لمدينة بوسطن على بعد مائة ميل من جبل بعيد في فيرمونت. بالنســبة إلى ملاح على متن سفينة فإن لوحان مدينة فوق الأفق غالبا ما يكون أول إشــارة على اليابســة. تلقي المدن الضخمة لوحانا يكفي لرؤيته من مسافة مائة ميل.

حتى خــلال النهار، هناك تأثــير معقد للوحان يمكن اســتخدامه في الملاحة. تنعكس أشــعة الشمس من المحيط واليابسة بصورة مختلفة، وبالتالي يخلق هذا ألوانا مختلفة في الســماء فوقهما. من حيث المبدأ يمكن اســتخدام هذه الظاهرة لاكتشــاف لوحان جزر بعيــدة، والتي تكون عادة مختفيــة وراء الأفق. في كتابه «نحن البحارة» يحكي المؤلف ديفيد لويس عن مقابلة مع ملاح من جزر غيلبيرت آبــيرا بينياتا الذي درس فــن الملاحة على يد جده. يدعو ظاهــرة اللوحان بـ «تي كيميتا»[7] (te Kimeata).

يقول آبيرا إن لوحان اليابسة يرى في الليل والنهار. يلاحظ أنه «عندما لا تكون هناك غيوم على الإطلاق، انظر بعناية حول الأفق، ربما ترى لمعانا يأتي فوق الأفق عنــد نقطــة ما. يدعى هذا «تي كيميتا» ولا يميز عــلى الإطلاق فهو مختلف قليلا فقط عن بقية الأفق عند التفحص الدقيق. يمكنك رؤية هذا الظهور في أي اتجاه، لكن تكون الرؤية أسهل عندما تكون الشمس في أعلى السماء عند منتصف النهار. ربما أمكن اكتشاف «تي كيميتا» حتى ثلاثين ميلا أو أبعد من ذلك بقليل. يقول إن الجزر التي يمكن رؤيتها من عشرة أميال فقط يمكن رؤيتها بلوحانها من مســافة ثلاثة إلى أربعة أمثال هذه المسافة[8].

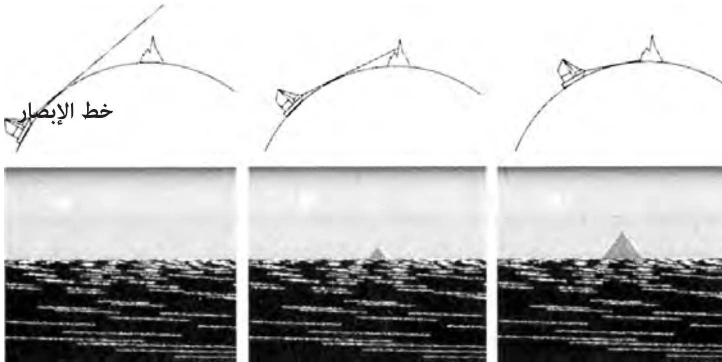
المسافة إلى الأفق

بالنســبة إلى معظمنا الأفق مكان خيالي لا يمكن الوصول إليه، مثل نهاية قوس قــزح أو مثل الحب الحقيقي. مع محاولتك الاقــتراب منه، فإنه يتحرك بعيدا عنك. بالنسبة إلى البحار المسافة إلى الأفق لها معنى. الأفق فيزيائيا عبارة عن حد ينشأ من انحناء الأرض، ويحدد ما يمكنك رؤيته عن بعد. إذا كانت عيناك عند مستوى الأرض تماما، فإن أقرب عائق يحدد أفقك. وكلما ارتفعت أكثر استطعت أن ترى أبعد.

يمكننــا العــودة إلى الماضي ومحاولة رؤيــة العالم كما رآه القدمــاء. لأول وهلة يصعب استيعاب فكرة انحناء الأرض. يبدو أننا نعيش على سطح مستو ضخم يمكن أن يكون منتهيا أو غير منتهٍ في مداه. كانت آراء اليونان والبابليين والهنود والصينيين القدامى حول العالم هي أنّ الأرض ســطح له بعد محدد. لو غامرت ومضيت بعيدا جدا نحو الأفق، فإنك ستقع عند حافته. تمسّك الصينيون بفكرة أرض مسطحة حتى القرن السابع عشر، عندما أدخل المبشرون الجزويت إليهم فكرة كروية الأرض.

تقدم الأرض المنبســطة فهما مقبولا إلى حد ما بمــا أن أعلى الجبال (عند ثمانية آلاف متر) لها ارتفاع هو جزء بســيط من نصف قطر الأرض (6.3 مليون متر). فقط بدءا من عصر فيثاغورس تقريبا منذ نحو 500 ق.م بدأت فكرة كروية الأرض تترسخ. في القرون الوســطى تقريبا، على الرغم من أن محيط الأرض لم يكن معلوما بشــكل جيد، فإن الفكرة كانت شــائعة. لكن مازال بعض المتعصبين حتى اليوم ينتمون إلى جمعية الأرض المنبسطة.

الدليل الأكثر مباشرة على انحناء الأرض بالنســبة إلى ملاح قديم هو الطريقة التي يبدو أن الأجســام تختفي أو تظهر فيها وأنــت تبحر بعيدا عنها أو نحوها. يظهر الشــكل (98) بحارا يقترب من جبل من بعيــد. عندما يكون بعيدا جدا لا يمكنــه رؤية الجبل. مع اقترابه يمكنه رؤية أعلى الجبل، لكن الارتفاعات الأخفض لاتزال تحت الأفق. مع اقترابه أكثر تصبح قاعدة الجبل مرئية.



الشــكل (98): منظر لجبل على جزيرة كما يرى من ســفينة تقترب من اليابسة على بعد ما. يخلق تأثير انحناء الأرض وضعا يرى أعلى الجبل فيه أولا ثم الارتفاعات الأقل. ارتفاع الجبل والسفينة مبالغ فيه في هذا الشكل بالقياس إلى نصف قطر الأرض.

لو كان البحار يبحر بعيدا عن اليابسة، لحدثت العملية بالشكل المقلوب. في البداية يكون الجبل بأكمله مرئيا، ثم يختفي أسفل الجبل، لكن أعلاه يبقى مرئيا، وفي النهاية تختفي قمته بالكامل. لا نعلم بالضبط أول من أبحر بعيدا عن رؤية اليابسة. يمكن أن يكون بحارا قذفت به العاصفة حاول أن يتبع الشاطئ لكنه انجرف وسط البحر. ربما كان صيادا اعتقد بوجود أسماك أكثر لو أبحر أبعد. في أي من الحالتين أمكنهما رؤية هذا التأثير حيث يختفي الارتفاع الأخفض أولا، ثم يختفي الارتفاع الأكبر، بينما يحدث العكس مع اقترابهما من اليابسة. الصياد الذي أبحر بعيدا والذي عاش في مجتمع يقول إن الأرض منبسطة ربما يختلط عليه الأمر في هذه الحالة.

الطوفان الكبير

في عدد كبير من الحضارات القديمة هناك وصف ملحمي لطوفان كبير. تشمل هذه الأوصاف ملحمة جلجامش البابلية وقصة نوح في التوراة والأساطير الصينية والهندية. تمتلك الثقافات الأمريكية والبولينيزية القديمة كلها نسخا عن أسطورة الطوفان. في العديد من هذه الأساطير يبقى بحار على قيد الحياة بعد الطوفان، ويرى الأرض تغطى تدريجيا بالماء حتى تختفي. وفي النهاية ينحسر الماء وتشاهد الأرض حيث تبدو الارتفاعات الأعلى أولا.

اقتُرحت العديد من الأفكار حول أسطورة الطوفان، لكن التفسير المعقول الذي لم يطرح إلى الآن هو ظاهرة اختفاء الأرض وراء الأفق مع ابتعاد القارب، وظهور أعلى الارتفاعات أولا عند العودة والاقتراب من اليابسة. يمكن تعليل أسطورة الطوفان كظاهرة لاختفاء الأجسام فوق الأفق بالنسبة إلى ثقافات تعتقد أن الأرض منبسطة. كيف يمكن وصف هذه الظاهرة بطريقة أخرى إذا كانت الأرض منبسطة؟

هناك الكثير من الأسباب المنطقية للقيام برحلات طويلة المدى. صيد الأسماك والتجارة بالتأكيد اثنان من أهمها، كما أن العوامل الاقتصادية يمكن أن تشكل حافزا قويا. الهجرة إلى مسافات طويلة عبر المحيط أقل شيوعا لكنها مسؤولة عن تجانس سكان جزر المحيط الهادئ. يمكن أن يشكل تزايد السكان بموارد محدودة حافزا مهما للقيام بهذه الرحلات.

تَخَيّل شــيخ عشــيرة يعيش مع عائلته نحو 7000 ق.م. إنه يعيش في منطقة ساحلية خصبة لكنها محصورة بالجبال. يؤمن معيشته عن طريق الصيد والزراعة، وهو محترم جدا في عشيرته. يقول الكهنة بمبدأ الأرض المنبسطة، لكن شيخ العشيرة يعلــم أن هناك أراضي خصبة بعيدة وراء الأفق. زار هذه الأراضي في رحلات صيد بعيدة المدى محاولا مطاردة الأســماك المهاجرة، والابتعاد عن المخزون المستهلك القريــب من أرضه الأصلية. يزداد عدد الســكان ببطء، وتصبــح الأراضي القابلة للزراعة أندر. يندلع القتال بين العشائر ويقتل العديد في عمليات الانتقام والثأر. بمعرفته بالأرض الخصبة غير المأهولة وراء الأفق، يشرع شــيخ العشيرة في محاولة إنقاذ عائلته بالإبحار إلى هناك.

يشرف على عائلته وهي تبني نسخة كبيرة من قارب صيد قادر على نقلهم مع الممتلكات التي يحتاجون إليها للبدء بحياة جديدة في تلك الأرض البعيدة. عندما يصبــح القارب جاهزا يصبح الأمر مســألة وقت فقــط كي يغادر من دون أن يثير الريبة. ينتظر حدوث عاصفة، ثم ينقل حيواناته ونباتاته ومياهه وغذاءه وعائلته إلى ســفينته ويبحر. وبينما يكون المشــهد مألوفا له، فإن ركاب القارب يشهدون منظرا مدهشــا مع مغادرتهم أرضهم. تغــوص الأراضي المزروعة أولا تحت الماء، تتبعها الغابات المرتفعة، وأخيرا تختفي قمم الجبال.

بالنســبة إلى أولئك الذين ترعرعوا على فكرة أرض منبســطة، هناك استنتاج وحيد لا مفر منه: لقد طافت الأرض. في أي اتجاه ينظرون يرون المياه تحيط بهم. بمعرفة أنه لا إمكان للعودة إلى الوضع الســابق في موطنهم، يسمح شيخ العشيرة لهذه الفكرة بأن تترســخ في أذهانهم، كي يؤكد استحالة العودة. بعد الإبحار لعدة أســابيع، يعلم شــيخ العشيرة أنه لا بد قريب من اليابســة، ويطلق الحمام الذي جلبه معه. على الرغم من أن كثيرين الآن يعتقدون أن الحمام يعرف طريقه عن طريــق «رؤية» الحقل المغناطيسي الأرضي، بيد أن البحارة القدامى عرفوا فائدته في اكتشاف الشاطئ. أخيرا يغادر أحدها في الاتجاه الذي يشير إلى اليابسة.

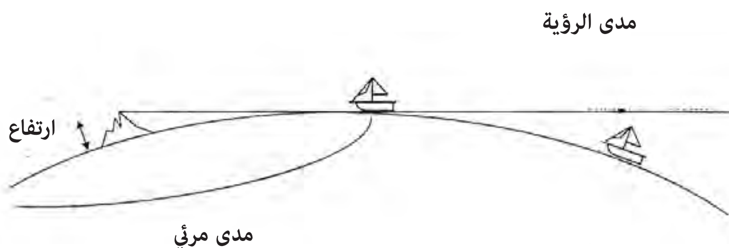
يغير منحاه وبينما يقترب من اليابسة، ما الذي يراه ركاب السفينة؟ في البداية تظهر أعالي الجبال فقط، ثم الأراضي المنخفضة. مياه الطوفان تنحسر! لقد نجوا. يهبطون إلى الشاطئ. يمضي شيخ العشيرة إلى قبره مع سره، وتصبح قصته قصة تَدخُّل إلهي.

أسطورة الطوفان الكبير شائعة جدا لكن لا وجود لدليل جيولوجي على طوفان عالمـي في أي وقت مضى من التاريـخ. من المعقول تصور أن يحدث السـيناريو المذكور سـابقا عدة مـرات في ظروف مختلفة حيث أجبرت الضغوط السـكانية البعض على القيام بهجرات بعيدة في المحيط، وحمل الشهود الذين كانوا يؤمنون بأرض مسطحة قصة الطوفان معهم.

التخمين السـابق حول شـيوع قصص الطوفان الكبـير ليس من دون عيوب. لدى القبائل الأمريكية المحلية المحصورة باليابسة مثل الهوبي قصة حول الطوفان الكبير، وربما لم يبحر أي من الهوبي بعيدا عن اليابسة. مع ذلك ربما نشأت القصص في مكان آخر وحفظت في تقاليدهم.

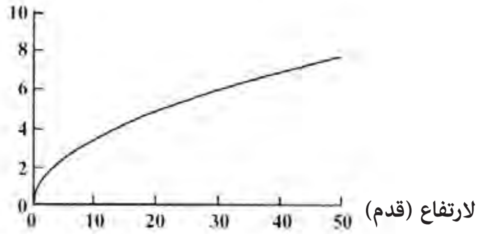
المدى المنظور

بدلا من أخذ وجهة نظر بحار فوق سـطح المحيـط، يمكننا تبني وجهة نظر شـخص يقف أعلى جبل، ينظر إلى المحيط وتخيل ما يراه. عند سطح الأرض تماما يكـون الأفق قريبا جدا. مـع وقوفك، قد يبدو بعيدا بميلـين. مع زيادة ارتفاعك يبعـد عنك أكثر فأكثر. هذا يعود مرة أخرى إلى تأثـير انحناء الأرض – مع ازدياد ارتفاعك، ينحـسر الأفق بعيدا بطريقة تتعلق مبـاشرة بارتفاعك وانحناء الأرض. يظهر الشـكل (99) كيف أن تأثير انحناء الأرض يعطي تأثير مدى منظور يعتمد على ارتفاع المراقب.



الشكل (99): العلاقة بين المدى المنظور وارتفاع المراقب

بالنســبة إلى مراقب عند مستوى سطح الأرض تماما، الأفق هناك على مسافة صفر، لكن إذا وقف المراقب على قدميه فإن الأفق يبتعد إلى مسافة ميلين. عند ارتفــاع 25 قدما يكون الأفق على بعد ثمانية أميال تقريبا. هذه العلاقة مبينة في الشــكل (100). العلاقة بين الارتفاع والمدى المنظور لجســم كالجبل، هي نفسها علاقة المســافة إلى الأفق. هضبة بارتفاع 100 قدم ستكون مرئية على الأفق حتى مســافة 10 أميال. الجــزر ذات الجبال مثل جزيرة هــاواي الكبيرة يمكن رؤيتها من بعد 100 ميل، بينما لا يمكن رؤية الجزر المنخفضة إلا من مســافة أقل من عشرة أميال.



الشكل (100): العلاقة بين المسافة إلى الأفق وارتفاع المراقب

هذه العلاقة مهمة جدا لاســتطلاع اليابســة أو قوارب أخرى. عادة ما يوضع المراقبــون في عش فوق أعلى صارية في الســفينة للحصــول على رؤية في الأفق لا تتوافر للبحارة على ســطح السفينة. يمكن للمراقب أن يرى أرضا أو قوارب تبعد عشرة أميال أو أكثر، بينما يستطيع بقية البحارة أن يروا إلى مسافة خمسة أميال فقط. كانت وظيفة المراقب إحدى الوظائف الروتينية على متن السفن. في أوقات الحرب كانت مهمة المراقب أيضا أن يســتطلع ســفن الأعداء عن بعد، وأن يطلع الضباط على سطح السفينة بذلك.

المهمـة الرئيسـة الأخرى على ظهر السـفينة هي الرسـو على الشـاطئ. لو شـوهدت اليابسـة عن بعد، هناك دوما احتمال أن يمزق الحيد المرجاني الضحل هيكل السـفينة إذا لم يكن القبطان حذرا. لو شـاهد المراقـب أرضا خلال الليل، فسـيأمر القبطان بأن توقف السـفينة، أي الابتعاد عن اليابسـة المرئية، والبقاء بعيدا حتى شروق الشمس، عندما يصبح الاقتراب من اليابسة أكثر أمنا.

زاوية الانخفاض

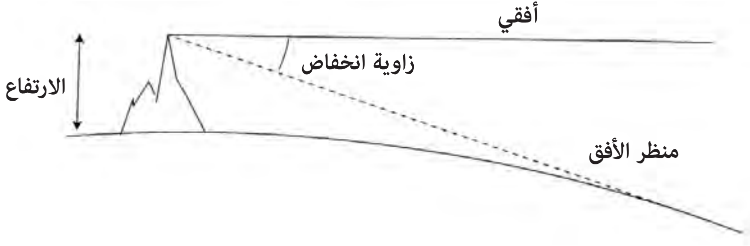
هنـاك تأثير يتعلق بذلك يدعى زاوية الانخفـاض (dip angle)، والتي يمكن أن تكـون مهمة للملاحة الدقيقة. على متن السـفينة يسـتخدم معظم الملاحين مشـاهدة الأفق لمعرفة ارتفاع نجم أو الشمس فوق المستوى الأفقي. استخدمت أدوات قيـاس الارتفاع البحرية المبكـرة الجاذبية لتحديد المسـتوى الأفقي. من الأمثلة على هذه الأدوات القديمة الربعية (quadrant). وهي ثقل مربوط بنهاية خيط مُتدل، ويسـتخدم الجاذبية كدليل بينما تجري المشـاهدة بواسـطة قوس يعطي الزاوية من الثقل المتدلي. مع تأرجح السفينة بتأثير الأمواج، يتأرجح الخيط والثقل المربوط به أيضا، مما يجعل من الصعب قياس ارتفاع نجم ما بدقة.

كان كولومبوس أحد أوائل البحارة الذين جربوا الملاحة السماوية، لكنه وجد أنه من المتعذر جدا مشـاهدة نجم القطب الشـمالي باستخدام الربعية وهو في البحر. تَأَرْجَحَ الخَيْطُ كثيرا بحيث تعذر الحصول على أي قياس مفيد. فقط عندما كانت السفينة هادئة أو مستقرة في ميناء أمكنه استخدام الربعية.

من ناحية أخرى يقدم الأفق خطا أفقيا موثوقا يمكن اسـتخدامه على سفينة تؤرجحها الأمـواج، ويمكن قياس ارتفاع نجم ما بناء على ذلك. كان هذا هو مبدأ عمـل أجهزة بحرية كجهاز السـدس (sextant). على الرغم من أن هذه الأجهزة جعلـت مهمة معرفة ارتفاع النجوم أسـهل، فإن انحناء الأرض خلق مشـكلة في تفسير الأفق: لم يكن الأفق أفقيا تماما.

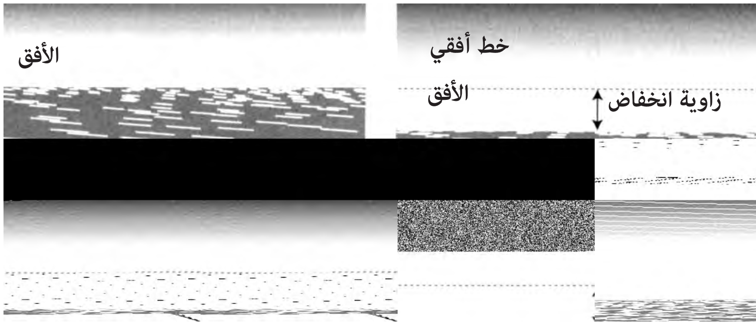
مع ازدياد ارتفاع الشخص، لا يبتعد الأفق أكثر فأكثر، لكنه ينخفض أكثر فأكثر بالنسبة إلى الخط الأفقي الصحيح. يخلق هذا الانخفاض للأفق شيئا يدعى زاوية الانخفاض الموضحة في الشكل (101). تعتمد زاوية الانخفاض على ارتفاع المراقب

ودرجــة انحناء الأرض. يهتم المراقب بارتفاع النجم فــوق الخط الأفقي، لكنه لو عاين ارتفــاع النجم من مداه المنظور فإنه يبالــغ في تقدير ارتفاعه بمقدار معين ويجب أن يصحح ذلك.



الشكل (101): ينخفض منظر الأفق تحت المستوى الأفقي بحسب ارتفاع المراقب

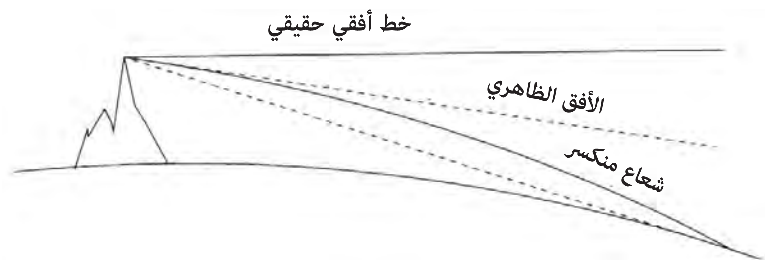
يعطــي الشــكل (102) فكرة ما عن شــكل التأثير بالنســبة إلى مراقب، على اليســار ترى الأفق واقعا على المســتوى الأفقي بالنســبة إلى مراقــب عند ارتفاع صفــر، وعلى اليمين من وجهة نظر مراقب على ارتفاع معتبر. تتراوح التصحيحات لزاوية الانخفاض عادة من 1 إلى 5 دقائق قوســية، بحسب ارتفاع المراقب. ومثل عمليــة تصحيح الانكســار الجوي تصبح هذه التصحيحــات مهمة عندما يحاول الملاح الحصول على آخر الدقائق القوسية القليلة من الدقة من ملاحظاته.



الشــكل (102): مظهر زاويــة الانخفاض بالنســبة إلى مراقب على ارتفاعــات مختلفة. بولغ في المقياس العمودي للتوضيح

على متن السـفينة يلاحظ ملاح ارتفـاع النجوم، ويسـجل الوقت الذي يرى فيه مشـاهداته وارتفاعه الفيزيائي فوق المحيط، ودرجة الحرارة والضغط الجوي في سـجله، ثم يذهب للعمل على عملية تدعى اختزال المشـاهدة، حيث يحوّل المشـاهدات إلى خط طول وخط عرض. الخطـوة الأولى هي العمل على تصحيح زاوية الانخفاض وعامل الانكسـار للحصول على ارتفاع صحيح للنجم أو الكوكب أو الشمس.

عند دقة 1 دقيقة قوسـية، تبدأ تأثيرات الانكسار بالظهور في كل مكان. يبدو الأمر كأنك اكتشفت أنك تعيش في بيت للهو بمرايا محدبة، وأوهام بصرية تشوه الحقيقة. يظهر الشـكل (103) كيف يشوه الانكسار تصحيح زاوية الانخفاض. لو أجرى ملاح قياسـا من نقطة مفضلة مرتفعة نسبيا، فليس عليه أن يصحح زاوية الانخفاض فقط، لكن عليه أيضا أن يقوم بتخمين معقول حول تأثير الانكسـار في زاوية الانخفاض.



الشكل (103): تأثير الانكسار في صورة الأفق.

الأسطورة الحديثة حول البيروني

يضطـر الملاحون غالبا إلى تحويل الزوايـا كالاختلافات في خطوط العرض إلى مسـافات. قيـاس الزوايا لا معنى لـه إذا لم يُعرف رقم مهـم واحد: نصف قطر الكرة الأرضية. هذا هو أهم عامل تحويل يحول قياسـات السـماء إلى قياسـات

على الأرض. تقليديا وفق قطر الأرض عن طريق عكس عملية الملاحة الســماوية. بدلا من حساب الاختلافات في المواقع من قياسات النجوم والشمس، يمكن تعيين مسافة معروفة بين موقعين، وقياس الاختلافات في زوايا الشمس والنجوم.

يقــال إن ايراتوثينس (276 - 195 ق.م) من الإســكندرية هو أول من أجرى هــذا القياس. كان يعلم أن الشــمس لا تلقي ظلا عند الظهــيرة في يوم الانقلاب الصيفي في أســوان بمصر، وأنها تلقي ظلا بزاوية 7(5/1) درجة في الإســكندرية في مصر في الوقت نفســه. بمعرفة أن المســافة بين أسوان والإسكندرية تعادل 5000 فرسخ وفق أول قياس لنصف قطر الأرض باستخدام العلاقة:

5 آلاف فرسخ = 7 (5/1) درجة كعامل تحويل.

اســتخدمت معظم القياسات اللاحقة لنصف قطر الأرض أشكالا مختلفة من طريقــة قياس ايراتوثينس الأصلية. كان الخليفــة المأمون حاكما قويا على بلاد ما بين النهرين. في العام 830 م طلب من طاقم من الفلكيين إعادة قياس ايراتوثينس بأخذ خط أساس أطول.

كان أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني أحد أعظم العلماء الرياضيين خلال العصر الذهبي للعلم في الإســلام (973 – 1048م). كانت له ســيرة مهنية عظيمة وأنجز إســهامات مهمة عديدة في الرياضيات وهندسة الأرض. أراد أن يعيد إنتاج قياس المأمون بدقة أكبر لكنه لم يستطع تأمين الموارد اللازمة لتنفيذ القياس لخط أساس طويل، وإجراء المشاهدات الفلكية عند أي من طرفيه.

حينما كان مســافرا في منطقــة البنجاب (والتي تمتد عــلى طول الحدود بين الهند والباكستان الآن)، احتجز في معسكر، وجاء بطريقة جديدة تستعمل زاوية الانخفاض طريقة لحســاب نصف قطر الأرض. صممت طريقته لحذف الخطوة الصعبة في اســتخدام القياسات البشرية لخلق خط أساس طويل. قاس أولا ارتفاع جبل قريب بالمثلثات من موقعين، ثم حسب زاوية الانخفاض إلى الأفق من أعلى الجبــل. عيّن الأفق بالنظر بعيدا عبر ســهول البنجاب المملــوءة بالغبار. لا نعلم بالضبط كيف قاس زاوية الانخفاض، لكنني أتصور أنه ربما اســتخدم الماء لتحديد خــط أفقي حقيقي ومســاطر لقياس الانخفــاض. بقياس ارتفــاع الجبل وزاوية الانخفاض استطاع أن يحسب نصف قطر الأرض.

في كتاباته نعرف فقط زاوية الانخفاض التي سـجّلها وارتفاع الجبل بوحدات لا نعلم بالضبط مكافئاتها الحديثة. تاريخيا لم يكن لهذا القياس تأثير في عمليات الملاحة، ولم يكن معلوما إلى حد كبير. استخدمت قيمة المأمون لنصف قطر الأرض لفترة معينة حتى حدد الأوروبيون الغربيون بعد ذلك قيما أكثر دقة.

قيـاس البيروني على الرغـم من أنه ذكي فإن له عيبا قاتـلا واحدا: لقد أهمل تأثير الانكسـار الضوئي في قياس زاوية الانخفـاض. لا يمكننا أن نعيب ذلك عليه، لأن علم انكسار الضوء لم يفهم حتى القرنين السابع عشر والثامن عشر. التصحيح النموذجي للانكسار هو بحدود 6/1 من زاوية الانخفاض، لكنه يمكن أن يختلف كثيرا وفق الظروف الجوية.

لماذا أتحمل مشـقة إخباركم بهذا كله؟ كانت هناك أسـطورة حديثة راجت حـول البـيروني، بأنه حقق أكثر قياسـات نصـف قطر الأرض دقـة قبل العصور الحديثـة بزمن طويل. في العام 1973 نشر مهندس من الباكسـتان يدعى سـيد صمد حسين ريزفي مقالا سـجّل فيه اكتشاف كتاب مفقود للبيروني بعنوان «غرة الزيجات»، وأظهر للملأ قياس البيروني[9].

لـو افترضت معيارا معينا لارتفاع الجبل الذي ذكره البيروني، ثم أخذت زاوية الانخفاض التي سجلها بـ 35 دقيقة قوسية من دون تصحيح الانكسار، فستشتق قيمـة 6339.9 كـم لنصف قطر الأرض، والتـي يمكن مقارنتهـا بالقيمة الحالية البالغة 6356.7 كم. وهذا اختلاف بمقدار 16.8 كم فقط! مع تصحيح جوي قياسي معقول، ربما اشـتق قيمة بدقة ضمن 20%. لم يمنع هذا المؤيدين الكثر لقياساته الذين قبلوها من دون مناقشة على أنها بدقة عالية، وأنها دليل على عبقريته.

عـلى الرغم مـن أن بعض المؤرخين لاحظوا مشـكلة إهمال البـيروني المفهومة للانكسار، فإن التوافق الملحوظ بين قيمته والقيمة الفعلية أسهمت في بناء أسطورته الحديثة. ظَهَرَ في مواقع على الإنترنت وفي نشرات وفي وثائقيات حول العلم الإسلامي. في وثائقية حديثة لـ «بي بي سي» بعنوان الإسلام والعلم والتي أذيعت لأول مرة في 12 يناير 2009، يصف المتحدث المحاولات السابقة لقياس محيط الأرض ويعلق بالقول «كانـت هناك حاجة وثائقية حديثة إلى طريقة أكـثر وثوقية وتطورا لتقدير حجم الأرض، وبعد قرنين من قيام المأمون بذلك أتت هذه الطريقة».

ثم يمضي المتحدث بوصف طريقة زاوية الانخفاض للبيروني، حتى باستخدام إسطرلاب ضخم كمؤيد ويوضح التقنية، معطيا علاقة زاوية الانحطاط. يستنتج: «بهذه العلاقة، استطاع البيروني الوصول إلى قيمة لمحيط الكرة الأرضية تقع ضمن 200 ميل من القيمة الحقيقية التي نعرفها اليوم وهي بحدود 25 ألف ميل. هذا يقع ضمن دقة أقل من 1%، وهو إنجاز عظيم لشخص عاش منذ 1000 عام مضى»[10].

في ملف معلم الرياضيات (MacTutor) على الإنترنت يردد جون أوكونار وادموند روبرتسون هذا: «حقق البيروني إسهامات مهمة في هندسة الأرض والجغرافيا. لقد أدخل تقنيات لقياس الأرض والمسافات عليها باستخدام المثلثات. واكتشف أن نصف قطر الأرض هو بحدود 6339.6 كم، وهي قيمة لم يُتَوصل إليها في الغرب حتى القرن السادس عشر»[11].

في الواقع من الممكن أن يكون تطبق الغلاف الجوي قد أعطى البيروني أرضا منبسطة أو حتى مقعرة بالطريقة ذاتها التي يمكن للتطبق أن يؤدي إلى نشوء سراب غريب. ربما كانت دقة ضمن 20% معقولة، لكن من دون أي معرفة بتأثير الانكسار من المستحيل إعطاء أي دقة كهذه، إن هذا أقرب إلى ربح جائزة اليانصيب.

حيلة القفز إلى الأعلى

فيما يتصل بقياس البيروني هناك حيلة مسلية تدل على أن الأرض محنية – في حال وجد من لايزال يشك في ذلك. يتطلب هذا منك أن تراقب غروب الشمس فوق المحيط. إذا استلقيت على شاطئ قرب موعد الغروب، يمكنك أن تضع رأسك أقرب ما يكون إلى البحر. راقب غروب الشمس فوق البحر من الغرب. بينما تكون مستلقيا، وفي اللحظة التي تغوص فيها حافة الشمس العليا، ابدأ العد واقفز. ستسمح لك زيادة ارتفاعك برؤية الحافة العليا للشمس، تغوص للمرة الثانية.

إذا قست الاختلاف في الزمن وعرفت طولك، أمكنك الحصول على حساب تقريبي لنصف قطر الأرض. حاولت ذلك بينما كنت في عطلة في جامايكا، وحسبت نصف قطر الأرض بمقدار 12 ألف كم. وهو تقريبا ضعف القيمة المقبولة. ليس القياس دقيقا جدا، لكنها حيلة مسلية.

١٥

خطوط العرض والطول

كان لدى النورديين والبولونيزيين إحساس غامض بخطوط العرض. كان «النجم فوق الرأس» بالنسبة إلى البولونيزيين يؤشر إلى موقع الأوج لجزيرة ما. لم يكن هذا دقيقا، غير أنه كان يربط بين نجم ما وموقع على الأرض. بالمثل تظهر ملحمة فاينلاند (Vinland Sagas) كيف حدد النورديون خط عرض مخيمهم في أمريكا الشمالية عن طريق حركة الشمس. وصفت المخططات البحرية في القرنين الرابع عشر والخامس عشر الملامح الجغرافية بصدق، بيد أنها لم تحدد خطوط الطول والعرض. بدأ استخدام هذه الإحداثيات في الملاحة عندما ربطت الملاحظات السماوية بمواقع على الأرض، وثبتت على خرائط. تطورت عملية إسقاط الملاحظات السماوية على الأرض خلال عدة قرون، ولاتزال إلى الآن. يتتبع معظم النقاش

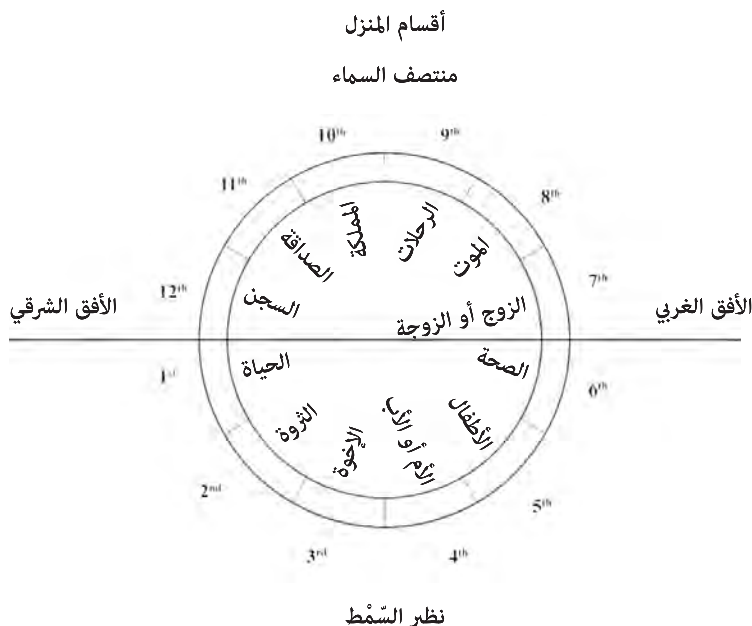
«كان العرب أول من طَوَّر جداول الميل التي دعيت بشكل ملائم جداول الظل»

اللاحــق تاريخ نمو الملاحة الســماوية مــن القرن الثاني عشر ومــا بعده. يظهر الملحق (2) مخططا زمنيا لبعض التطورات الرئيسة في هذا المجال.

خلال العصور الوســطى الأولى طور العلماء المســلمون المبدأ اليوناني حول خطــوط العرض والطول، وحققوا تطــورات هائلة في الرياضيات. حصل العديد من هذه التطورات في مجال الجبر والمثلثات، ما سهل حساب العلاقة بين موقع المراقب والأجسام السماوية. على الرغم من أن معظم اهتمام العلماء المسلمين انصب على هندسة الأرض وعلم الفلك، فإن الجمهور العام حصل على تطبيقات عملية من خطوط العرض والطول في مجالي التنجيم والصلاة.

في عصرنا ربما نستشير النجوم من خلال الصحف أو على الإنترنت للتنبؤ بالفأل. تبنى هذه التنبؤات عادة على العلامات الشمســية، التي تعني موقع الشمس في البرج المطابق لليوم الذي يولد فيه الشخص. هناك شكل أكثر تعقيدا من التنجيم يدعى تنجيم الولادة الذي يصف شــخصيتك بناء على موقع الكواكب والشــمس والقمر والإشارات البرجية المتعلقة بمواقعها في السماء عند تاريخ ميلادك.

في التنجيم الولادي (Natal Astrology) تقسم السماء إلى نظام يتألف من 12 منزلا تلف الســماء على طول مسار الشمس (الشكل 104). للمنازل قيمة رمزية، إذ إنها تمثل نواحي من حياة الشــخص كثروتــه وأولاده أو زوجته. تبدأ المنــازل بالرقم 1 عند الأفق الشرقي، وتســتمر في الســماء إلى الرقم 12 بعكس اتجاه عقارب الساعة. في مكان ما وزمن ما تنطبق إشارات البروج والكواكب مع منــازل معينة، ومع دوران الأرض يتغير هــذا الانطباق خلال اليوم والليل. على سبيل المثال، يمكن أن يكون القمر في المنزل الثامن عند الساعة 4.00 بعد الظهر وفق الزمن المحلي، غير أنه سيكون في المنزل السابع بعد ساعتين. هناك عدد من الأنظمة المختلفة لبناء المنازل. نظام المنازل المبين في الشــكل (104) هو توضيح مبسط مبني على تقسيمي الشخصي لمسار الشمس إلى مقاطع زاوية متساوية. يمكــن أن تكون أنظمة المنازل الأخرى أكثر تعقيدا. في الشــكل (104) يســجل الاســم الذي يميز كل منزل بناء على تفســيرات عامة. إضافة إلى الأفقين الشرقي والغربي، فإن نقطة الحضيض ونقطة الزوال لمسار الشمس التي تدعى منتصف السماء هما نقطتان ثابتتان في الأنظمة كلها.



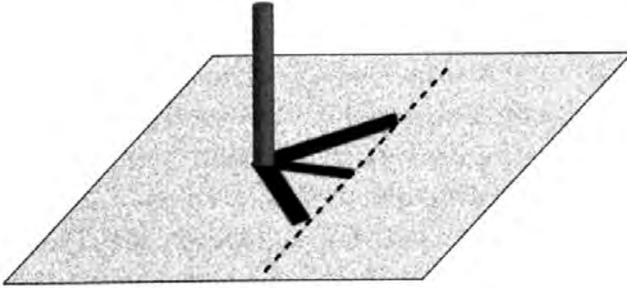
الشــكل (104): تقســيم المنازل لعملية التنجيم بالولادة. المنازل مسقطة على مسار الشمس، حيث تبدأ من الأفق الشرقي ثم تدور بعكس اتجاه عقارب الساعة.

لاستخلاص المعنى الرمزي لخارطة التنجيم بالولادة، يحتاج المنجم إلى معرفة موقع الأجســام الســماوية في المنزل المتعلق بالشخص عند لحظة ولادته. بما أن المنــازل مخصصة لموقع ولادة الشــخص وموعدها، فإن خطــي العرض والطول لمكان ولادة الشــخص مــن المعلومات المهمة، إضافة إلى موعــد ولادته وموقع الأجسام الســماوية في السماء. كانت خرائط خطوط الطول والعرض مهمة لأي منجّم يحترم نفســه. كتب بطليمــوس أطروحة حول التنجيــم بالولادة تدعى Tetrabiblos [4] (أربعة كتب) رمّزَ فيها العديد من الإجراءات القديمة، وأضاف البعض من أفكاره.

الاســتخدام الآخر الشــائع لخطوط العرض والطول في العالم الإســلامي هو تحديد الاتجاه إلى مكة. يصلي المسلمون خمس مرات في اليوم متجهين إلى مكة، ويدعى الاتجاه إليها «القبلة». الاصطلاح الشــائع للقبلــة هو الطريق الدائري الكبير: أقصر مسافة على سطح الأرض إلى مكة. ومكة هي في الواقع بمنزلة قطب الشــمال الديني حيث تتقاطع خطــوط القبلة كلها في مكان واحد، كما تتقاطع خطوط الطول كلها في القطب الشمالي. هناك حاجة إلى جداول بخطوط الطول والعرض للمدن لإيجاد الاتجاه الصحيح نحو القبلة.

جداول طليطلة

عــلى الرغم من وجود العديد مــن جداول خطوط العرض والطول في العالم العربي في القرون الوســطى، فإنــه ليس هناك ما يدل على أنها اســتخدمت في الخرائط أو الملاحة. هل يمكننا أن نتعلم شيئا من هذه الجداول؟ يعرض جدول متبقٍ إلى الآن من جداول طليطلة في القرن الثاني عشر (الملحق 3) نظم من قبل العالم العربي الزرقالي[*] نافذة فريدة عن جغرافية تلك الحقبة[1].

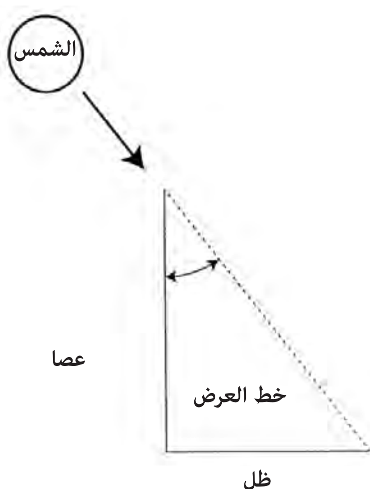


الشــكل (105): مسار رأس ظل عند الاعتدال هو خط مســتقيم. يمكن ربط أقصر طول للظل بطول العصا لحساب خط العرض.

(*) أبو إسحاق إبراهيم بن يحيى النفاش الزرقالي (1029م- 1087م)، عالم أندلسي شهير في علم الفلك. [المترجم].

في عــصر الزرقالي حددت خطوط العرض غالبا مــن طول الظل الذي تلقيه عصــا عند الاعتدال. وكما وصف في الفصل الثامن، فإن قمة الظل عند الاعتدال ترسم خطا مستقيما لكل إنسان على الكوكب (الشكل 105). بينما يكون الخط في الأيام الأخرى من العام منحنيا، ويعتمد انحناؤه على خط العرض.

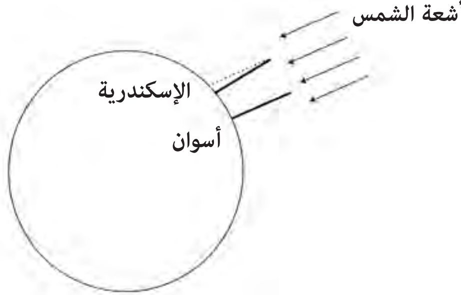
يمكن اســتخدام أقصر طول لظل عصا لحساب خط العرض، كما هو موضح في الشكل (106). كل ما تحتاج إليه هو حبل تقيس به طول الظل وطول العصا. تعطي نســبة طول أقصر ظل إلى طول العصا رقما يمكن تحويله إلى زاوية. هذه النسبة تدعى الظل (tangent). أما بالنسبة إلى مثلث يحتوي على زاوية بمقدار 90 درجــة (مثلث قائم الزاوية)، فإن ظل الزاوية عبارة عن طول الضلع المقابل للزاويــة على طول الضلع المجاور لها. كما قد ترى من الشــكل (106)، فإن ظل خط العرض هو نسبة طول الظل إلى ارتفاع العصا. يمكنك بعدئذ استخدام الظل في جدول وتحويل النسبة إلى زاوية.



الشــكل (106): عند الاعتدال، فإن خط العرض هو زاوية الظل لعصا في أقصر طول له. تعطي نسبة طول الظل إلى طول العصا ميل خط العرض.

كان العــرب أول من طور جداول الميل، والتي دعيت بشــكل ملائم جداول الظل في العام 860م تقريبا. باســتخدام خيط وعصا مع الجداول، يمكنك قياس خــط العرض الواقع عليه إلى دقة 1 درجة. جربت ذلك بنفسي على شــاطئ في جامايكا، وبما أنه لم تكن لدي جداول الظل، كان عليّ أن أجدها بنفسي كما فعل الزرقالي من قبل. في العصور الوســطى ربما اشــترى معظم المنجمين جداول من شــخص كالزرقالي أو أنهم نســخوها من صديق. وكثيرا ما أنتج صانعو الأجهزة تصاميم هندسية على ظهر الإسطرلابات لمعرفة الميول مستغنين عن الحاجة إلى الجداول المؤلفة.

تحديد خــط الطول عملية أكــثر صعوبة من تحديد خــط العرض. يعرض دوران الأرض الســماء نفســها خلال النهار والليــل لأي مراقب عند خط عرض معين، وليس هناك شيء في السماء يميز خطوط الطول. في معظم الحالات يقدر خط الطول بواســطة التخمين الصائب. يحدد المســافرون من مدينة إلى أخرى



الشكل (107): قياس إيراتوثين لنصف قطر الأرض. قارن بين زاويتي الظل عند الانقلاب الصيفي في أســوان والإســكندرية في مصر. بمعرفة هذا الفرق والمسافة بين أسوان والإسكندرية، حسَب نصــف قطر الأرض وحصل على عامــل تحويل من الدرجات إلى المســافات بالأميال والعصب والخطوات والفراسخ.

طــول رحلاتهم غالبا بالأيام. يمكن تحويل المســافة إلى زاوية، ما يتطلب معرفة نصف قطــر الأرض لإجراء هذا التحويل. أعطت القياســات الأولى لنصف قطر الأرض التي تعزى إلى إيراتوثين، والقياســات اللاحقة مــن قبل الخليفة المأمون في العام 830م القيم الأكثر اســتخداما لتحويل المســافة إلى خط طول. تســجل جــداول طليطلة خطوط الطول التي تمتد من 6 درجــات إلى 125 درجة مدى العالم المعروف في عصر الزرقالي.

بني قياس نصف قطر الأرض من قبل إيراتوثين على زوايا الظلال على الأرض خلال الانقلاب الصيفي (الشــكل 107). تقع مدينة أســوان (دعيت آســوين في جــداول طليطلة) على مــدار السرطان. العصا العمودية في أســوان لا تلقي أي ظل عنــد الظهيرة عند الانقلاب. غير أن العصــا العمودية عند الانقلاب تعطي ظلا بدرجة {1/5} 7 في الإســكندرية بمصر. في زمن إيراتوثين قدرت المســافة بين أســوان والإسكندرية بـ 5000 خطوة (Stade). يعطي هذا عامل تحويل يعادل 694 خطوة لكل درجة. في العصور الحديثة 1 درجة من خط العرض تعادل 60 ميلا بحريا.

يتطلب جدول لخطــوط الطول والعرض خط زوال رئيســا كنقطة «صفر» لخطوط الطول. اســتخدمت العديد من الجداول في العصور الوســطى خطوط زوال رئيســة مختلفة. استخدم بطليموس جزرا أشــير إليها بالجزر «السعيدة» أو «الخالدة» أو «المباركة» كخط زوال رئيس. كان هذا متســقا مع الفكرة التي تقــول بوجود عالم (Oecumeme) مأهول نصفه بالســكان، يمتد شرقا من تلك القطعــة من الأرض في الغرب. يحيــط المحيط بهذا العالم المعمور. يأتي الاســم «الجزر السعيدة» (Fortunate Isles) من الأساطير اليونانية والسلتية التي تبشر بحقول إيليســان حيث يرحب بالأبطال بعد موتهم في جنة أرضية. تقع العديد من الجزر غير المأهولة إلى الغرب، مقابل ساحل أفريقيا الشمالية وأوروبا، والتي يمكن أن يكون قد زارها بحارة لم يتركوا ســجلا مكتوبا حول ذلك. جزر الكناري وماديرا والآزور وكيب فيردي كلها مرشحة لأن تكون هي تلك الجزر. من الممكن أن تكون أســطورة رسو بحار قذفت به العاصفة مصادفة في أرخبيل جميل غير مسكون هي التي أنتجت الموقع الفيزيائي لهذه الجزر السعيدة.



الشكل (108): بعض الأماكن التي ظهرت في جداول طليطلة في مواقعها المحتملة اليوم.

يظهر الشكل (108) بعض الأسماء البارزة المسجلة في جداول طليطلة. بلخ قد تكون مدينة باكتريا (Bactria) على طريق الحرير، كما أن فرغانة هي فرغانة في أوزبكستان. سرنديب كان الاسم الذي يعطى لسريلانكا اليوم. الجزيرة تولي (Is. Tule) عند 58 درجة شمالا في الجداول يمكن أن تكون آيسلندا. صنعاء هي العاصمة الحديثة لليمن.

تستحق هذه المواقع التي ذكرت في الجداول بعض النقاش، لأنها تتعلق بأماكن ظهرت بعد موت بطليموس بزمن طويل، غير أنها اختفت منذ فترة طويلة عن ظهر الأرض وبقيت آثارها فقط.

غانا: هذه ليست غانا الآن. غير أنها إمبراطورية غانا التي تعود إلى العام 850م حتى العام 1100م تقريبا. ربما كانت كومبي صالح، وهي موقع أثري في جنوب موريتانيا، عاصمة هذه الإمبراطورية. كانت إمبراطورية غانا (Gana) مصدرا رئيسا للذهب. كانت القوافل المحملة بالملح والذهب من المناجم الغنية

في أفريقيا الغربية تغادر غانا في رحلتها شمالا عبر الصحراء الكبرى. وبعد انحلال إمبراطورية غانا استولت إمبراطورية مالي على معظم تجارة الذهب المغرية.

سجلماسة: هذه هي سجلماسة (Sijilmasa) وهي مدينة رئيسة بالنسبة إلى القوافل التي تعبر الصحراء الكبرى متجهة شمالا. كانت جزءا من إمبراطورية المرابطين غير أنها تهدمت في حرب أهلية وهجرت إلى حد بعيد بحلول القرن السادس عشر ميلادي. توجد بقايا هذه المدينة جنوب شرقي المغرب.

Urbs a Nuba: أو «مدينة النوبة»، تشير جداول طليطلة إلى المملكة المسيحية في النوبة التي امتدت من نحو القرن الثامن إلى القرن الرابع عشر، مقاومة السيطرة العربية. توجد بقايا الثقافة النوبية المسيحية بما في ذلك كنائس موزعة في مواقع عدة على طول نهر النيل فيما يعرف الآن بالسودان.

إضافة إلى أسماء الأماكن، تعطي جداول طليطلة بعض الدلائل حول تحديد خطوط الطول والعرض في القرن الحادي عشر. حللت هذه الجداول للحصول على فكرة ما عن دقة طريقة تحديد خطوط العرض والطول فيها. إضافة إلى ذلك أردت أن أعرف موقع خط الزوال الرئيس فيها، وما إذا كانت خطوط العرض فيها تتسق مع اعتبار خط الاستواء هو الصفر لهذه القياسات.

لإجراء هذا التحليل اخترت مجموعة فرعية من الأماكن من الجداول لتحسين الدقة. استبعدت الجزر من الاعتبار لأنها أكبر من أن تحدد بدقة كافية. استبعدت أماكن مثل غانا أيضا حيث يبدو أن خطوط العرض هناك حددت وفق عملية التخمين الصائب (Dead Reckoning)، ولأن موقع عاصمة إمبراطورية غانا غير متفق عليه على الرغم من أن كومبي صالح تعتبر مرشحا رئيسا لذلك. ترك هذا لي ثلاثين موقعا يمكنني مقارنتها بخطوط العرض والطول الحديثة. هذه المواقع مثل بغداد وطليطلة والمدينة المنورة هي أمثلة على المدن التي لها علاقة جيدة بمواقعها في العصور الوسطى والحديثة.

بمقارنة خطوط العرض في الجداول مع القيم الحالية، وجدت توزعا بنحو 1.4 درجة في المتوسط، غير أنه متركز حول القيم الحالية. يشير توزع بمقدار 1.4 درجة إلى أن القياسات بطريقة ظل العصا ربما كانت هي المستخدمة في تلك الحقبة لتحديد خطوط العرض، لأن هذه الدقة تتفق مع الدقة القياسية لتلك

الطريقة. وبأخذ المتوسط لأكثر من ثلاثين موقعا، وجدت أن خط الاستواء يتوافق مع قيمة الصفر لخط العرض بحدود 0.25 درجة.

السؤال الأول بالنسبة إلى خطوط الطول هو عن تحديد موقع خط الزوال الرئيس. على الرغم من أن قيم خطوط الطول في هذه الجداول أقل دقة من قيم خطوط العرض، فإنه بأخذ متوسط أكثر من ثلاثين موقعا، يمكنني تحسين القوة الإحصائية، ومقارنة خط الزوال الرئيس في جداول طليطلة بخط طول غرينيتش. بالنسبة إلى جداول طليطلة وجدت أن خط الزوال الرئيس فيها يقع على بعد 23 درجة غرب زوال غرينيتش بدقة تبلغ 1 درجة. من بين خطوط الزوال الرئيسة الممكنة كلها، فإن هذا يتفق بشكل جيد مع موقع جزر كيب فيردي عند 23 درجة غربا، وبشكل سيئ مع احتمالات أخرى. جزر الآزور أبعد أكثر إلى الغرب عند نحو 39 درجة غربا. وجزر الكناري وماديرا أبعد كثيرا إلى الشرق عند 16 درجة غربا تقريبا.

على الرغم من أن معظم الكتب التاريخية تقول إن البرتغاليين هم أول من اكتشف جزر كيب فيردي نحو العام 1460م، فإن هذا في الحقيقة هو بداية استيطانهم المستمر لهذه الجزر. هناك إشارات في قصص أقدم عن صيادين من السنغال زاروا جزيرة سال في كيب فيردي للحصول على الملح، وعن حملة من مملكة مالي إلى جزر كيب فيردي، وربما كانت هناك مصادفات أخرى. في الفصل التاسع حول المسافة إلى الأفق ذكرت العالم الموسوعي الفارسي البيروني. إضافة إلى تحقيقه عددا من الإنجازات المهمة في الفلك والرياضيات، فإنه وثق حالة المعرفة الجغرافية في القرن الحادي عشر. علق البيروني على الخلط الناجم عن الخيارات المختلفة لخط الزوال الرئيس في جداول خطوط الطول والعرض المختلفة بالقول[2]:

> «بما أن هذا العلم اشتق من أفكار اليونان القدماء، الذين خمنوا العالم المأهول من نهايته البعيدة الأقرب إليهم والتي هي النهاية الغربية، فإن خط الطول لبلدة ما يحسب بناء على بعده عن هذه النهاية في الغرب. لكن هناك اختلافا بين الفلكيين حول هذه النهاية. بعضهم يحسب خط الطول من ساحل المحيط الغربي، والذي هو بحر محيط باليابسة، بينما يحسبه آخرون من جزر تقع أبعد في غرب المحيط على بعد 200 فرسخ تقريبا من الشاطئ.

تعرف هذه الجزر بالجزر السـعيدة والجزر الخالدة وهي مقابل شاطئ المغرب. لهذا السـبب قد يوجد في الكتب مجموعتان من خطوط الطول باختلاف بحدود 10 درجات بالنسـبة إلى أي بلد. هناك حاجة إلى المهارة والذكاء لتمييز إحداهما عن الأخرى».

المغرب (Maghrib) هو المصطلح الشائع للبربر وهم سكان أفريقيا الشمالية في تلك الحقبة. يحدد البيروني الجزر السـعيدة على بعد مائتي فرسخ من شاطئ المغـرب والتي تبعد 600 ميل غرب الشـاطئ الأفريقي، ويتفـق هذا جيدا مع موقع جزر كيب فيردي، ولا يتفق كثيرا مع جزر الكناري وماديرا أو الآزور. فارق الـ 10 درجات خط طول بين أبعد نقطة من الساحل الغربي لقارة أفريقيا والجزر السـعيدة هو اتفاق جيد لموقع جزر كيب فيردي. مـن تعليق البيروني وجداول طليطلـة يبدو أن العديد من الجغرافيين العرب في تلك الفترة اعتبروا جزر كيب فيردي أبعد أرض معروفة غربا لخط الزوال المعتمد لديهم.

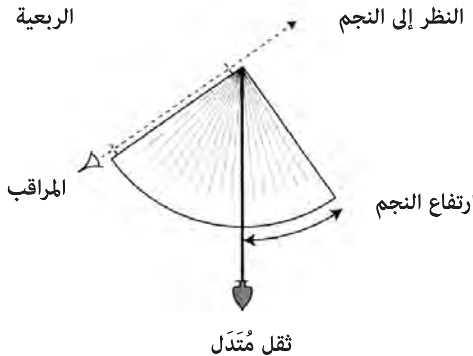
تطور قياسات خطوط العرض

هناك عدد من العناصر المرتبطة بفن الملاحة، غير أنه عندما يلفظ المرء كلمة «ملاحة» فإنها غالبا ما تورد للذهن خصوصية الملاحة السـماوية كما طورت من قبل الأوروبيين الغربيين. لهذا النوع من الملاحة السـماوية جذوره في القياسـات التي اسـتخدمت في وضع جداول طليطلة. هناك عنصر إضافي من جمع التخمين الصائـب مع الملاحة السـماوية لتحديد موقع ما على الخارطة. اسـتغرق تطور الملاحة السماوية قرونا عدة للوصول إلى مرحلة النضج.

بدأت أول ثورة في الملاحة باسـتخدام البوصلة مع الخرائط البحرية الأولى في القـرن الثالث عشر، والتي تدعى خرائط الموانئ (شرحت في الفصل السـادس). فقـط مع نهاية القرن الخامس عشر بدأ البحـارة الأوروبيون الغربيون يجربون الملاحة السـماوية. لم يتم التخلي قط عن التخمين الصائب، غير أنه بسبب تراكم عدم التأكد مع التقدم في رحلة ما، فقد حسـنت التحديثات بواسطة الملاحظات السماوية من حين إلى آخر دقة الملاحة كثيرا. لم يبرز الإدراك الكامل لقوة الملاحة السـماوية إلا في النصـف الثاني من القرن الثامن عشر. بأخـذ تقنيات المنجمين

العرب كنقطة للبدء، سأتتبع فيما يلي تطور فن العثور على الموقع باستخدام الشمس والنجوم.

إحدى الأدوات الرئيسة للملاحة السماوية هي أداة تعطي قياسا دقيقا لارتفاع جسم ما في السماء. طور العرب جهازا دعي الربعية (Quadrant) للفلك والتنجيم. تقيس هذه الأداة ربع دائرة، ومن هنا جاءت تسميتها. يوضح الشكل (109) طريقة استخدامها لتحديد ارتفاع نجم ما. يمكنك معاينة نجم ما على حدود ضلع من أضلاع الربعية. يتدلى ثقل من نهاية خيط، مستخدما الجاذبية على أنها مؤشر إلى الخط الأفقي. هناك تدريجات محددة بالدرجات منقوشة على طرف الربعية. وأنت تعاين النجم تدع الثقل يتدلى من الخيط بحرية، ثم تستخدم موقع الخيط إلى التدريجات لقياس ارتفاع النجم.



الشكل (109): مبدأ الربعية. ينظر المراقب إلى النجم على طول أحد الطرفين من خلال ثقبين، ويعطى ارتفاع النجم من ثقل يتدلى في نهاية خيط.

حصل المنجمون على كثير من المال خلال ذروة عصور الخلافة الإسلامية (ولايزالون). شكلت صناعة الربعيات وجداول المواقع السماوية مع جداول خطوط الطول والعرض مهنة محترمة للعلماء خلال تلك الفترة. بالنسبة إلى الشمس مكَّن استخدام جدول للميول (خط العرض السماوي) لأي يوم في العام تحويل ارتفاع الشمس إلى خط العرض الذي تقع عليه بعملية طرح أو جمع بسيطة. يمكنك ملاحظة ارتفاع الشمس عدة مرات أثناء وقت الظهيرة المحلي.

تمثل أعلى نقطة الارتفاع عند المرور بخط الزوال. هذا الارتفاع مع ميل الشمس في ذلك اليوم يعطيان خط العرض من علاقة، على سبيل المثال، العلاقة[3]:

خط العرض = (90 درجة – الارتفاع عند الظهيرة + الميل)

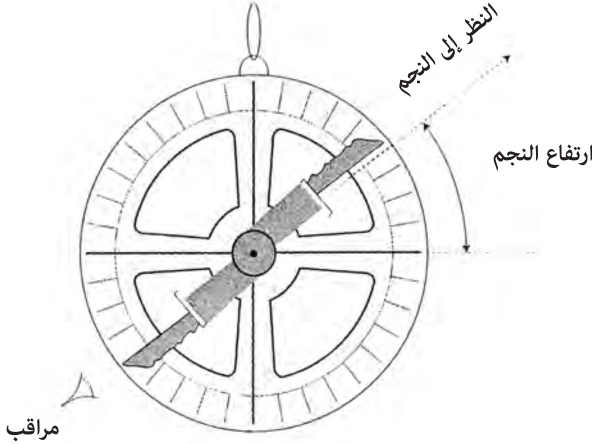
التي تعطي خطوط العرض للمراقبين شمال مدار السرطان.

بحلــول القرن الخامس عشر كان المكتشــفون البرتغاليــون يتقدمون ببطء جنوبا على طول الســاحل الغربي لأفريقيا. بإلغاء الحاجة إلى قوافل عبر الصحراء الكبرى، أمكن للبرتغاليين أن يحصلوا على تجارة الذهب والعبيد بشــكل مباشر. أبحرت سفن دعيت كارافيل (caravel) بأشرعة مثلثية في مياه أفريقيا الغربية. عــلى الرغم من أن الملاحة أجريت بالتخمين الصائب بشــكل رئيس، فإنه بوشر في استخدام المشاهدات السماوية لتحديد خطوط العرض لعلامات فارقة. عاش كريستوفر كولومبوس وأخوه بارثولوميو في ليشبونة في البرتغال من العام 1477 حتــى العــام 1485، معتمدين في معيشــتهما جزئيا على صنــع الخرائط. اهتم كولومبوس بالتقنيات الملاحية البرتغالية، وســجل بعض أولى المحاولات لتحديد خطوط العرض على طول الساحل الأفريقي.

وفــق كولومبوس، أرســل الملك جواو الثاني في العــام 1485 طبيبه ومنجمه الخاص خوســيه فيزينهو في رحلة على طول الســاحل الأفريقي لتحديد خطوط عرض مواقــع هناك باســتخدام الربعية. وكما نقلها كولومبوس فقد اســتخدم خوسيه مشاهدات الشمس لتحديد خطوط عرض جزيرة دُعيت لوس يودولوس بالقرب من ســيراليون عند 1 درجة و5 دقيقة شمالا [4]. تقع سيراليون عند خط عرض 8 درجات شــمالا تقريبا. هذا في الواقع قياس جيد باعتبار مشــاكل قياس خطوط العرض على متن سفينة باستخدام ربعية.

كان الملــك جواو الثاني يتطلع للحصول على ثروات أكبر من العبيد والذهب في أفريقيــا الغربية. كان التجار العرب في ذلــك الوقت يحتكرون تجارة الحرير والتوابل التي تأتي إلى أوروبا من آســيا. بتأســيس طريق حــول القمة الجنوبية لأفريقيا، اســتطاع البرتغاليون أن يســتغنوا مرة أخرى عن الوسطاء وأن يحققوا أرباحا عالية. أرسل الملك جواو البحار بارثولوميو دياز للإبحار أبعد ما يمكن إلى قمة أفريقيا الجنوبية. حمل دياز معه إسطرلابا بحريا.

يظهــر الشــكل (110) مبادئ الإســطرلاب البحري. مثل الربعية يســتخدم الإســطرلاب البحري الجاذبية لتأســيس الأفق بتعليقــه بحرية من حلقة. يبصر البحار الشــمس أو نجما ما باســتخدام فتحتي مراقبة على محور يدور بحرية. يمكن قراءة ارتفاع الشــمس من مقياس مدرج محفور على طرف الإســطرلاب. هنــاك أربع فتحات محفورة على الطرف لخفض تأثير ضرب الرياح له على متن الســفينة. عدَّل الإسطرلاب والربعية من أدوات اســتخدمت من قبل المنجمين لكنها بسّــطَت كثيرا. وبينما كانت للنسخ البحرية من الربعية والإسطرلاب زوايا لإيجاد ارتفاعات النجوم كانت أجهزة المنجمين أكثر تعقيدا.



الشــكل (110): وصف لإســطرلاب بحــري. عدل هذا من إســطرلابات لفلكيــين ومنجمين كي تستخدم على متن السفن.

في رحلته إلى الطرف الجنوبي لأفريقيا، حمل بارثالوميو دياز معه جدولا لميول الشــمس. وعندما وصل إلى قمة رأس الرجاء الصالح، استخدم الشمس لحساب خط العرض عند 45 درجة جنوب خط الاســتواء[5]. يقع رأس الرجاء الصالح في الواقــع عند خط عرض 33 درجة جنوبا. هــذا القياس نموذج للمحاولات الأولى

لتحديد الموقع بالملاحظات الســماوية. استمرت عملية التخمين الصائب لتكون أكــثر دقة من الملاحظات الســماوية لفترة لا بأس بها مــن الوقت. مع ذلك بدأ تحديد خطوط العرض والطول لأراضٍ مكتشفة جديدة يظهر ببطء.

تبنى كريســتوفر كولومبوس بعض الأســاليب البرتغاليــة في تحديد خطوط العــرض حيث جلــب معه في رحلته الأولى إلى الأمريكتين ربعية وإســطرلابا. في 2 نوفمبر من العام 1492 حاول تحديد خط عرض خليج مختبئ على الســاحل الشــمالي لكوبا بمشــاهدة ارتفاع نجم القطب الشــمالي بواســطة ربعية. يقع الشاطئ الشمالي لكوبا عند خط عرض 21 درجة شمالا، لكن كولومبوس حسبه عــلى أنه 42 درجة، وهو خط عرض مدينة بوســطن[6]. مــن المحتمل أنه أخطأ وشاهد نجما آخر غير نجم القطب الشمالي . في تسجيل خط عرض لهذه النقطة اختار 28 درجة شمالا مؤسسة على تخمين صائب من جزر الكناري التي كانت نقطة انطلاقه.

في رحلة العودة من جزر الهند الغربية العام 1493، أبحر كولومبوس شــمالا ليغتنــم الرياح الســائدة من الغــرب. بعد ثمانية عشر يوما في وســط الأطلسي، حاول مراقبة نجم القطب الشــمالي بالربعية والإســطرلاب. لســوء الحظ كانت الســفينة تتأرجح فوق الأمواج، وكانت تحرك الإسطرلاب والربعية بشدة بحيث كان مــن المســتحيل الحصول على تقديــر دقيق للارتفاع. اســتطلع ارتفاع نجم القطب الشمالي، معلنا أنه بالارتفاع نفسه تقريبا كما في كيب سانت فينسيت في البرتغال. عند القمة الجنوبية الغربية من البرتغال شــكلت كيب سانت فينسيت نقطة طبيعيــة لانطلاق البحارة المغامرين بالإبحــار في الأطلسي. عند درجة 37 شــمالا، سيكون قد ابتعد كثيرا شمالا للإبحار شرقا والوصول إلى أوروبا. كان هذا التقدير التقريبي والجاهز لارتفاع نجم القطب الشمالي بواسطة العين أمرا شائعا.

في رحلته الرابعة والأخيرة إلى العالم الجديد، توقف كولومبوس في خليج سانت آن في جامايكا لإصلاح ســفينته. ذهب بعض رفاقه للحصول على المســاعدة من المستعمرة الإسبانية في هيسبانيولا عبر ممر جامايكا. خلال بقائه قاس كولومبوس مرة أخرى ارتفاع نجم القطب الشــمالي وحصل على خط عرض بمقدار 18 درجة شــمالا. يقع خليج سانت آن حقيقة عند خط عرض 18 درجة و30 دقيقة شمالا.

على الرغم من أن هذه النتيجة قد تكون مبالغة في دقة القياس، فإن كولومبوس تطور بالتأكيد في حسابه لخطوط العرض من النجوم عبر رحلاته العديدة.

كانت التقنيات المستخدمة من قبل البرتغاليين وكولومبوس مفيدة جدا في تحديد خطوط عرض الوصول إلى اليابسة، ويمكنها عند مستوى متواضع أن تعوض عن التخمين الصائب وسط المحيط. لكن بالنسبة إلى معظم البحارة شكلت المعرفة بالرياضيات اللازمة للملاحة السماوية، وعدم وثوقية الربعية والإسطرلاب في البحر عائقين كبيرين. كان هذا الرفض لتبني تقنيات التنجيم والفلك غير مفهوم لمعظم العلماء في البر. كتب الرياضي البرتغالي بيرو نونز: لماذا نتحمل هؤلاء الملاحين، بكلامهم البذيء وتصرفاتهم المتوحشة، إنهم لا يعرفون شيئا عن الشمس والقمر والنجوم، ولا عن مساراتها وحركاتها وميولها، ولا كيف تشرق وتغرب، وإلى أي جهة من الأفق تميل، ولا خطوط الطول والعرض للأماكن على الأرض، ولا الإسطرلابات والربعيات ومقياس الزوايا أو الساعات، ولا السنوات المشتركة والانقلابات والاعتدالات؟»[7]. تصف تعليقات نونز بشكل نموذجي الهوة التي كانت تفصل بين عالم العلماء المتعلمين من جهة وعالم الملاحين من جهة أخرى. ولم يستطع أي الفريقين فهم عالم الفريق الآخر.

الإسقاط الميركاتوري(*)

شكل صانعو الخرائط جسرا بين عالم العلماء وعالم البحارة. كان إسهامهم من القرن الرابع عشر وما بعد ذلك هو في إنتاج خرائط بنوعية عالية. وليكونوا منافسين كان عليهم أن يمثلوا أحدث الخصائص للأراضي المعروفة والمكتشفة وأدقها. اعتمدوا في كثير من الحالات على تقارير البحارة العائدين من رحلات بعيدة لملء الفراغات في معلوماتهم. خلق خيال صانعي الخرائط والقصص الساحرة للبحارة العائدين بعضا من الأراضي الخيالية غير العادية. على سبيل المثال، في القرن السادس عشر شملت خريطة لمناطق قرب القطب الشمالي جبلا مغناطيسيا ضخما، وأرضا يقطنها الأقزام.

(*) نسبة إلى جيراردوس ميركاتور؛ راجع الفصل السادس من الكتاب، للمزيد عن إسهاماته. [المحرر].

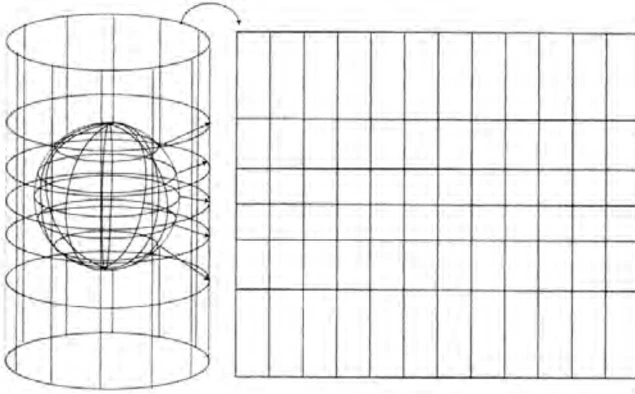
في الفصل السادس رأينا بروز خرائط الموانئ في القرن الثالث عشر، التي احتوت على أوصاف دقيقة للمقياس ومجموعات من خطوط البوصلة التي تتقاطع في الخارطة. لكن هذه الخرائط لم تعرض خطوط الطول والعرض. مع تقدم القرن السادس عشر بدأت كمية متزايدة من المعلومات الجغرافية تتدفق من الاكتشافات على أوروبا على شكل تقارير وتقديرات لخطوط العرض والطول للعلامات الفارقة الرئيسة على الأرض.

بالنسبة إلى صانع الخرائط يشكل تمثيل أرض كروية على شكل خارطة مستطيلة تحديا كبيرا. من المستحيل تمثيل كرة على سطح منبسط ثنائي الأبعاد من دون إدخال تشوهات. السؤال هو: أي تشوهات ستختار؟

أنتج صانع الخرائط الإسباني ديوغو ريبيرو أول خريطة معروفة للعالم تحتوي على خطوط عرض وطول مستخدما جداول وتقارير من مكتشفين في العام 1527. حدث هذا بعد أربعمائة سنة من صنع جداول طليطلة. اختار ديوغو استخدام شبكة من الخطوط تتوزع فيها خطوط الطول والعرض بفواصل متساوية تماما مثل ورقة تخطيط بسيطة. دافع بطليموس عن هذا النوع من التمثيل، وهو ما قد يختار شخص عاقل أن يفعله كمرحلة أولية.

هذه الخارطة التي تدعى خارطة مستوى، أو خارطة متساويات المستطيلات عملية جدا لتمثيل العالم. لكن لها عيبا واحدا: رؤوس الاتجاه الثابت للبوصلة أو «خطوط البوصلة» مشوهة. ربما لا يبدو هذا واضحا جدا بالنسبة إلى المراقب العادي. القضية هي التالي: قرب خط الاستواء تكون المسافة بين خطي عرض وخطي طول متساوية تقريبا. إذا سافرت بعيدا عن خط الاستواء، تقترب خطوط الطول بعضها من بعض. قرب خط الاستواء تعادل 1 درجة من خطوط الطول ستين ميلا بحريا، لكن بالقرب من أيسلندا فإن درجة واحدة من خط الطول تعادل ستة وعشرين ميلا. إذا أخذت خارطة ريبيرو وحاولت إيجاد الاتجاه الصحيح بوصل نقطتين على الخارطة، ستجد أنك في مشكلة، فخط البوصلة الممتد من مكان ما سيصبح مشوها عندما يمد إلى مسافة بعيدة. كانت هناك حاجة إلى خارطة يمكن فيها مد خطوط البوصلة (الخطوط ذات الاتجاهات الثابتة) على خطوط العرض كلها.

من حيث المبدأ حلت المشــكلة في العــام 1569، عندما خلق صانع الخرائط الفلمنــكي جيرادوس ميركاتور خارطة للعالم حافظت على خطوط البوصلة في كل مكان على سطحها. يوضح الشــكل (111) طريقة عمل خارطة ميركاتور (تدعى أيضا الإسقاط الميركاتوري). تسقط الأرض على أسطوانة، وتبسط بعد ذلك لتؤلف خارطة منبســطة. من المســتحيل الحصول عــلى الأرض بكاملها على الإســقاط الميركاتوري، لأن تمثيل ســطح الأرض قرب القطبين يصبح لامتناهيا. على إســقاط ميركاتور يــزداد الفصل بين خطوط العرض مع الاقتراب من القطبين، بينما يبقي الإسقاط على خارطة متساويات المستطيلات المسافة بين خطوط العرض ثابتة.



الشــكل (111): المبدأ وراء إسقاط ميركاتور. تسقط خصائص العالم على سطح أسطوانة أولا ثم تفلت بعد ذلك لتشكل خارطة تحافظ على الزوايا في كل مكان منها.

عــلى الرغم من أن اختراع ميركاتور لم ينل ما يســتحقه من التقدير في ذلك الوقت، فإنه ســمح بتطور جيد في إجراءات الملاحة. ولأن إســقاطه حافظ على خطــوط البوصلة، أمكــن للملاح أن يحدد اتجاها ما بنــاء على مؤشر البوصلة، وسيكون واثقا بأنه سيستطيع المحافظة على هذه الزاوية خلال الخارطة. إضافة

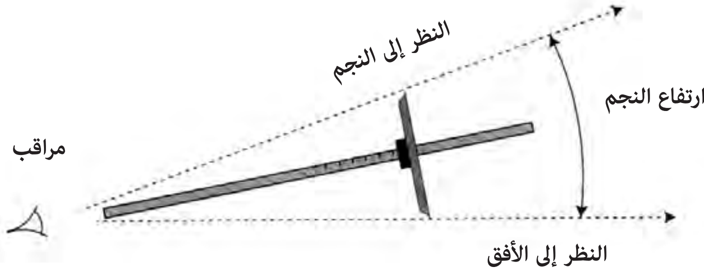
إلى ذلك أصبح من السهل الآن على الملاح أن يرسم مخططا موثوقا من التخمين الصائب. على الرغم من أن المسافات شوهت بناء على خط عرض الملاح، فإنه من الممكن استخدام مقياس صغير لتعويض ذلك. أخيرا يمكن رسم أي قياس سماوي يعطي خطوط العرض والطول مباشرة ومقارنته بالتخمين الصائب.

أدرك الكاتب والرياضي وصانع الخرائط إدوارد رايت فائدة إسقاط ميركاتور للملاحة. في العام 1959 نشر رايت كتابه «بعض الأخطاء في الملاحة». تضمنت الأطروحة استخدام إسقاط ميركاتور لتحسين التخمين الصائب عند خطوط عرض مختلفة. لم يقدر عمل رايت كثيرا مباشرة. لكي تعمل استخدم ملاحو التخمين الصائب غالبا خارطة متساويات المستطيلات أو مخططا مستويا. خلق الاعتماد على المخططات المستوية أخطاء مهمة في التخمين الصائب عندما استخدمت لمسافات طويلة. بيّن رايت كيفية إجراء التصحيحات الملائمة.

العصا المتصالبة

مع تطور القدرة على استخدام التخمين الصائب بوجود مخططات أفضل، بدأت الملاحة السماوية تنضج. باستخدام التخمين الصائب، يمكن للملاح أن يقدِّر خط العرض من آخر موقع محدد له. يمكنه بعد ذلك أن يقارن مباشرة هذا التقدير مع خط عرضه المحدد بواسطة الملاحظة السماوية. الربعية والإسطرلاب اللذان يستخدمان الجاذبية لإيجاد الخط الأفقي كانا غير موثوقين على متن سفينة في عرض بحر هائج. الجهاز الأكثر وثوقية وهو العصا المتصالبة (Cross-Staff) (الشكل 112) عبارة عن عصا طويلة بقطعة متصالبة تنزاح جيئة وذهابا. يمكن لملاح أن يشاهد الطرف الأسفل من القطعة المتصالبة على الأفق، ويزيحها جيئة وذهابا حتى ينطبق الطرف الأعلى من العصا على موقع الشمس أو النجم. هناك مقياس مدرج على العصا نفسها يسمح للملاح أن يحسب الارتفاعات. يمكن للعصا المتصالبة أن تحقق درجة لا بأس بها من الدقة، إذا صنعت بطريقة صحيحة، واستخدمت من قبل ملاح خبير.

استخدمت العصا المتصالبة أولا في عمليات المسح والفلك، لأن قياس الزوايا مهم في كليهما. ثم أصبحت شائعة على متن السفن في النصف الثاني من القرن



الشـــكل (112): مبدأ العصا المتصالبة. عصا طويلة لها قطعة متصالبة يمكن تحريكها إلى الأمام والخلف، مما يسمح للملاح بأن يرى الأفق وارتفاع الشمس أو النجم في الوقت ذاته.

الســـابع عشر. إجراء جيد في الملاحة هو صنع أفضل استخدام للتخمين الصائب (دعيـــت بالحكم judgment في عدد من ســـجلات تلك الحقبـــة)، وعند توافر مشاهدة ارتفاع جيدة يصحح التخمين الصائب وفق الارتفاع الجديد.

تقدم ســـجلات الســـفن غالبا رؤية حول الإجراءات الملاحية المتبعة. يعطي سجل سفينة القبطان جون وود في محاولته إيجاد ممر نحو الشمال الشرقي إلى آسيا على طول ساحل ســـيبيريا، بصيرة بإجراءات الملاحة في أواخر القرن السابع عشر. استخدم وود عصا متصالبة. هنا إحدى تدويناته في السجل في العام 1676 بينما كان في طريقه إلى ســـيبيريا[8]: يوم السبت في 17 يونيو، من ظهيرة يوم 16 إلى ظهيرة هذا اليوم، عاصفة جديدة من غرب – شمال – غرب، وغربا مع مطر وطقس غائم. المســـار وفق البوصلة هو شـــمال – شرق، المسافة المقطوعة وفق الســـجل 127 ميـــلا، الفرق في خطوط العرض 90 ميـــلا ـ المغادرة شرقا 90 ميلا، خط العرض وفق الحكم 69 درجة و48 دقيقة. المســـافة من الزوال 303 أميال،

لكن بالملاحظة الجيدة عند الظهيرة فإن خط العرض هو 69 درجة و53 دقيقة. الفــرق في خطوط العرض بين التخمين الصائب والمشــاهدة هو 9 أميال، والذي يعزى إلى اختلاف باتجاه الغرب وجد أنه بسمت قدره 7 درجات. مسافة الزوال المصححة هي 300 ميل، طقس لا بأس به».

غالبــا ما تكون الملاحظات في ســجلات الســفن برقيــة بطبيعتها، لكن من الممكن فك شــيفرتها. كان من الشــائع إدخال ملاحظات ضمن فترة ظهيرة يوم مــا حتى ظهيرة اليوم الذي يليه. هذا هو الوقــت الذي يمكن فيه قياس ارتفاع الشمس عند مرورها بخط الزوال إذا سمح الطقس بذلك. في الملاحظة السابقة يسجل وود أولا حالة الطقس خلال الأربع والعشرين ساعة. ثم يسجل بعد ذلك اتجاهات البوصلة (شمال - شرق) والمسافة المقطوعة بطريقة الحبل. لاحظ أن المسافة المقطوعة (127 ميلا) توحي بأن متوسط السرعة هو خمس عقد.

ثم ســجل وود بعد ذلك تقديــره للتغير في خطوط العرض بأخذ إســقاطه للمســافة بالتخمين الصائب على محور شــمال - جنــوب (90 ميلا)، وتحويله إلى فرق في خطوط العرض. بإضافة هذا إلى قياســه الســابق لخط العرض (من الملاحظة السابقة غير المسجلة هنا) اشتق أنه على خط عرض مقداره 69 درجة و48 ثانية بواسطة الحكم (judgment).

لم يســجل خط الطول كدرجة، لكنه سجل المسافة عن خط الزوال الرئيس في غرينيتــش بالأميال. المســافة وفق التخمين الصائب نحــو الشرق هي 90 ميلا. في هذه الحالة يقدر أنه شرق خط الزوال الرئيس بحدود 303 بإضافة قياسه السابق.

يســجل وود خــط عرض قدره 69 درجــة و53 دقيقة بناء على مشــاهدته لمرور الشــمس بخط الزوال. بمقارنة هذه القيمة مع القيمة من عملية التخمين الصائــب البالغــة 69 درجــة و48 دقيقة، عــزي هذا الاختــلاف إلى الاختلاف المغناطيــسي والذي قدره بحدود 7 درجات غربــا، وصحح تقديره للتقدم شرقا من 303 إلى 300 ميل من خط الزوال.

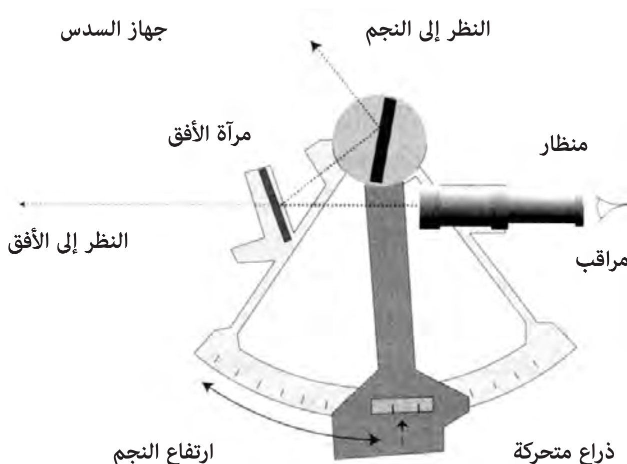
على الرغم من أنه لم يسجل خط الطول، من السهل أخذ تقدير وود بـ300 ميــل من زوال غرينيتش، وتحويله إلى 14 درجــة و32 دقيقة شرقا. يضعه هذا التقدير لموقعه في حدود 100 ميل تقريبا شرق الشاطئ الشمالي الغربي للنرويج.

السدس

للعصــا المتصالبة عدد من العيوب. لم تنجح كثيرا لمشــاهدات على ارتفاعات عالية، بما أنه كان من الصعب مشــاهدة طرف من القطعة المتصالبة عند الأفق، والطرف الآخر عند الشــمس أو النجم. أيضا كانت معاينة الشمس مباشرة مؤلمة للعينــين. اســتخدم عدد من الأشــكال المختلفــة للعصا المتصالبــة لتفادي هذه المشــاكل، لكــن جرى تحقيق دقة أكــبر مع تطوير أنظمة بصريــة بنوعية عالية لإجراء المشاهدة.

يعــزى إلى ثوماس غودفري من فيلادلفيا وجــون هيدلي من لندن، كل على حــدة، تطوير المثمن (octant) في حدود العام 1730. يمســح المثمن ثمن قوس دائرة، وكما صمم في الأصل، له مرآتان تسمحان بمشاهدة متزامنة لجسم سماوي وللأفــق معا. للمثمن مجال زاوي قدره 90 درجة. مع أواخر القرن الثامن عشر استعملت تحسينات أخرى في جهاز دُعي السدس (Sextan).

يتألف الســدس (كما في الشــكل 113) من قوس يبلغ طوله ســدس محيط دائرة، ومن هنا جاءت التســمية. باستخدام الأشعة المنعكسة من مرآة المعاينة، يمكن اســتخدام الســدس لقياس أي ارتفــاع بدقة. يمكن تقديم مــرآة المعاينة وتأخيرها على طول ذراع متحركة. تنعكس صورة جسم سماوي على مرآة أفقية يغطى نصفها بالفضة. يرى المراقب بعد ذلك صورة الجســم الســماوي والأفق معــا من خلال المنظــار. يمكن وضع مجموعة من المرشــحات فوق الصورة من الجسم السماوي أو من الأفق لجعل الرؤية أسهل. (على سبيل المثال منع معظم الإشــعاعات الشمســية القوية). بتعديل موقع الذراع المتحرك، أحيانا بواسطة آلية تثبيت بواســطة مسمار يمكن للملاح أن يضع صورة الجسم السماوي على مســتوى الأفق ويقرأ المؤشر. تحت ظروف مثاليــة، وببعض الخبرة يمكن لملاح جيد أن يحصل على ارتفاع دقيق ضمن 1 إلى 2 دقيقة قوســية. غالبا ما تتحدد الدقة بالقدرة على مشاهدة الأفق نفسه.



الشكل (113): تشغيل جهاز السدس. ينظر المراقب خلال منظار ويرى الأفق والنجم أو الشمس في الوقت نفسه باستخدام مرآة الأفق نصف مغطاة بالفضة. يعدل الملاح الارتفاع باستخدام ذراع متحركة، ثم يقرأ الارتفاع من المقياس المدرج.

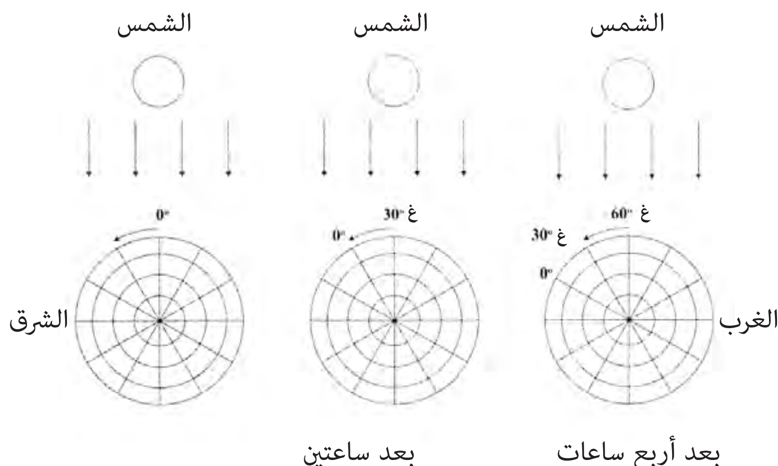
مع دقة آلة السدس، تصبح التأثيرات التي نوقشت في الفصل التاسع مهمة: الانكسار وزاوية الانخفاض. تذكر أن زاوية الانخفاض تنجم عن ارتفاع المراقب فوق سطح البحر إلى الأفق، وأنها تزيد الارتفاع الملاحظ للأجسام السماوية. وبالمثل يزيد الانكسار من الارتفاع الملاحظ للأجسام السماوية. عندما يشاهد جسم ما لأول مرة، على الملاح أن يصحح للتأثيرين للحصول على الارتفاع الحقيقي. يمكن أن يكون هذان التصحيحان كبيرين إلى نصف درجة، على الأخص عند المشاهدة قرب الأفق. بهذين التصحيحين وبدقة آلة السدس الحديثة، يمكن لارتفاعات الأجسام السماوية أن تعطى بموثوقية خطوط عرض ضمن دقة تصل إلى ميل أو اثنين. بينما يكون للمثمن زاوية 90 درجة، فإن للسدس زاوية تبلغ 120 درجة، مما يسمح للمستخدم بأن يحصل على زوايا بين جسمين سماويين متباعدين جدا أحدهما عن الآخر كالشمس والقمر. وهذا مهم في كثير من الأحيان في تقنية لإيجاد خط الطول تدعى الطريقة القمرية.

مشكلة خط الطول

لخطـوط العرض نقاط مقارنـة طبيعية يمكن بواسـطتها تحديد ارتفاعات النجوم والشـمس: خط الاستواء والقطبان. قياس خط الطول أصعب من قياس خـط العرض. الأرض في الواقع كرة دوارة ضخمة. ويمكن لأي شـخص عند خط عرض معين أن يرى الأجسـام نفسها في السماء، وهي تشرق من الشرق وتصعد لتمـر بخط زوالها، ثم تغـرب من الغرب، بغض النظر عـن خط الطول الواقع عليـه. ليس هناك تمييـز واضح بين مقدار بعد المرء شرقـا أو غربا. ليس هناك غرب «مطلق» بمعنى تعيين بطليموس للجزر السـعيدة على أنها أقصى الغرب، إنه مجرد اصطلاح.

تشـير جداول طليطلة إلى خطوط طول مبنية على المسافات المقطوعة بين المدن، وتقاس بالمقارنة بخط زوال رئيس يبدو أنه زوال جزر كيب فيردي. خلال نهايـة القرن الثامن عشر كان التخمين الصائب الطريقة الأكثر شـيوعا لتحديد خط الطول.

يظهر الشـكل (114) صعوبـة تحديد خط الطول بالنسـبة إلى مراقب ما. المنظر هو بالنظر إلى الأسـفل عند القطب الشـمالي مع وصول أشـعة الشمس المتوازيـة إلى سـطح الأرض. إذا كانت لديك سـاعة دقيقة تمامـا، ومؤقتة على توقيت غرينيتش المتوسط GMT، فسوف ترى الشمس مباشرة وهي تمر بخط الزوال عند السـاعة 12.00 GMT فوق خط الطول صفر: خط الزوال الرئيس. بعد سـاعتين من الظهر عند الساعة 14.00 ستكون الشمس عند مرورها بخط الزوال عند خط الطول 30 درجة غربا. وبعد أربع ساعات ستكون الشمس عند المرور بخط زوال عند خط طول 60 درجة غربا. بمجموعة من السـاعات تعاير كلها إلى الزمن نفسه، يمكن تأسيس الاختلافات في خطوط الطول بتوقيت مرور الشمس بخط الزوال. لم تستخدم ساعات دقيقة للحصول على خط الطول حتى القرن الثامن عشر.



الشكل (114): خط الطول بواسطة مرور الشمس بخط الزوال.

في القرون الوسطى فهم العلماء مبدأ قياس خط الطول باستخدام الأحداث السـماوية. تخيل أن كل شـخص على كوكب الأرض شهد حدثا عاما واحدا مثل خسـوف القمر. يمكن لأشـخاص عند خطوط طول مختلفـة أن يقارنوا المواقع النسـبية لأجسام في السماء في زمن حدوث الخسـوف، ومعرفة خطوط الطول عندهم بمقارنة السـجلات. يعمل خسـوف القمر عمل «ساعة عالمية» تسمح للمراقبين عبر الأرض بتحديد زمن الخسـوف بالنسـبة إلى غياب الشمس. يمكن قياس ذلك بساعات زجاجية، والتي تمتلك دقة كافية لقياس فترات زمنية قصيرة. عـلى الرغم مـن أن هذه التقنية كانت معروفة من حيـث المبدأ، فإن تطبيقها عمليا كان نادرا.

في رحلتـه الرابعة والأخـيرة إلى العالم الجديد، حـاول كولومبوس أن يحدد خط الطول عن طريق زمن الغروب في أثناء خسوف القمر. كانت لديه جداول لأحداث سماوية من ريجيومونتانوس من نورمبورغ وهو فلكي ومنجم مشهور. بالإبحار على طول سـاحل أمريكا الوسطى، أصيبت سـفينته بعدوى الديدان، وامتصـت من الماء أكثر مما اسـتطاعت طرحه. أصبح محصورا فيما يعرف الآن

بخليج سانت آن على الشاطئ الشمالي لجامايكا، وأطعمته قبيلة محلية مع طاقمه مقابل بضائع ومن قبيل الشفقة. أرسل كولومبوس طاقما صغيرا في طوافة ليحاول تأليف فريق إنقاذ من هيسبانيولا عن طريق عبور ممر جامايكا. أساء بعض طاقمه معاملة السكان المحليين إلى الحد الذي توقفوا فيه عن تزويده بمزيد من الطعام.

عرف كولومبوس من جداول ريجيومونتانوس أن خسوفا للقمر كان على وشك الحدوث، واستخدم هذه المعلومة لغرضين: حساب خط الطول الواقف عليه، وتخويف السكان المحليين لتزويده بالطعام. هددهم بأنه سيجعل القمر يختفي إذا لم يوافقوا على تزويده بالطعام. استخدم كولومبوس زجاجة ساعية تعمل لمدة نصف ساعة تدعى آمبوليتا لقياس الزمن بين غروب الشمس وحدوث الخسوف. عندما اختفى القمر من السماء، توسّل السكان المحليون إليه كي يجعل القمر يعود. صلّى بخشوع وعاد القمر. استسلم السكان المحليون، وجلبوا المؤن له ولرفاقه.

بالنسبة إلى قياسه بزجاجة نصف ساعة استنتج كولومبوس أن الشمس تغرب في خليج سانت آن بعد سبع ساعات وخمس عشرة دقيقة من غروبها في كاديز في إسبانيا. يضعه هذا على خط طول يبعد 110 درجات غربا، بالمقارنة بقيمة خط طول سانت آن الحالية البالغة 77 درجة غربا. على الرغم من هذا الفرق الكبير بمقدار 33 درجة فإنه يمثل إحدى أولى المحاولات لقياس خط الطول باستخدام الخسوف القمري[9].

كان عدم توافر خط طول دقيق أمرا خطيرا. بنيت العديد من الرحلات عبر الأطلسي على أساس إستراتيجية «النزول على خط عرض» حيث يبحر القبطان باتجاه الشرق أو الغرب الحقيقي على خط عرض مواز ثم يرسو برا. بسواحل تمتد على الأغلب من الشمال إلى الجنوب في الأمريكتين يمكن لتقدير غير دقيق لخط العرض أن ينتهي بكارثة حين تصطدم سفينة بحيد في منتصف الليل. مع صعود القوى البحرية العظمى في أوروبا الغربية، ازداد عدد السفن التي تمخر عباب الأطلسي بشكل كبير، كما ازداد عدد السفن المتحطمة. كان هذا محرضا قويا لحل مشكلة خطوط الطول.

اتبع الباحثون مســارين رئيسين لتحديد موثق لخطوط الطول. تضمن المسار الأول حركــة القمر، وبني عــلى حركته السريعة مقابل الخلفيــة الثابتة للنجوم: نصــف درجة كل ســاعة. لا يتوافــر للملاح في بحر مفتوح الزمــن الكافي لانتظار خســوف كي يعرف خــط الطول كما فعل كولومبوس. من حيــث المبدأ إذا توافر لملاح جدول بموقع القمر في السماء خلال الزمان فإنه يمكنه معرفة المسافة الزاوية بين القمر والشمس أو أي نجم لامع واستخدام الجداول لحساب خط الطول.

تعاني الطريقة القمرية مشــاكل عدة. في القرن الســادس عشر كانت هناك نظريــة ملائمة لحســاب مدار القمر. حتى مع اكتشــاف نيوتن قوانين الجاذبية كان حســاب مدار القمر حول الأرض معضلة رياضية لم تُحل بشكل مرضٍ حتى منتصف القرن الثامن عشر. مشكلة أخرى تتعلق بالطريقة القمرية هي صعوبة مشاهدة القمر، والتي هي محدودة وتعتمد على الزمن خلال الشهر.

اقــترح غاليليو طريقة أخرى. تدور أقمار المشــتري حول هــذا الكوكب الضخم بسرعة جيدة، وهي عديدة بما يكفي بحيث يمكن لزمن اختفائها خلف قرص المشتري أن يعطــي معلومات حول خط الطول بتوافر الجداول المناســبة مرة أخرى. إذا كان للطريقة القمرية مســاوئها، فإن هذه الطريقة أصعب: يجب حمل منظار على متن كل سفينة، مع جدول بحركة أقمار المشتري من الصعب إنتاجه بدقة كافية.

تتضمــن الطريقة الأخرى لمعرفة خط الطول اســتخدام ســاعة ميكانيكية يمكن تعييرها وفق زمن عالمي قياسي. بمقارنة زمن الســاعة بزمن مرور الشمس في الزوال المحلي، يمكن حســاب خط الطول. كان جيما فريســيوس، الذي طور المثلثات، أول من اقترح فكرة استخدام الساعة لتحديد خط الطول العام 1530. في ذلك الوقت لم تكن هناك ســاعة موثوقة يمكنها الحفاظ على الزمن بشــكل مرضٍ. في منتصف القرن السابع عشر طور الفيزيائي الهولندي كريستيان هيوغنز ساعة مبنية على رقاص متأرجح تعرف للكثيرين بساعة الجد.

ومثل فريسيوس اعتقد هيوغنز أن تحديد خط الطول يمكن أن يحل بواسطة ساعة، لكن اختراعه لم يكن مناسبا للاستخدام على ظهر السفن. فعندما يتأرجح القارب فوق الأمواج، ويتعرض لاختلافات كبيرة في درجات الحرارة، تتعطل آلية الرقاص الميكانيكية ما يجعله بلا فائدة.

القانون المتعلق بخط الطول

فقدت البحرية الملكية البريطانية العديد من السفن نتيجة الملاحة السيئة، لكن أشهر تلك الكوارث كانت الكارثة البحرية عند جزر سيللي. في العام 1707 أرسلت بريطانيا العظمى أسطولا كبيرا إلى طولون في فرنسا بقيادة الأدميرال السير كلاودسلي شوفيل لحصار المدينة خلال حرب الوراثة الإسبانية. عاد الأسطول إلى إنجلترا عن طريق مضيق جبل طارق ثم اتجه شمالا. في هذا المقطع من الرحلة، تعرض الأسطول لفترة طويلة من الطقس السيئ، ما حرفه عن مساره، وجعل من الصعب عليه معرفة خط العرض. بالتحول شرقا نحو ما اعتقد شوفل أنه القناة الإنجليزية اكتشفوا أن موقعهم كان بعيدا عن توقعاتهم. تحطمت بعض سفن الأسطول بالقرب من جزر سيللي مقابل ساحل كورنل ومات الآلاف من البحارة.

بقيت الجثث وحطام السفن ترسو على شاطئ كورنل لشهور عدة بعد ذلك. كانت فضيحة وطنية. مدفوعا جزئيا بهذه الكارثة، أصدر البرلمان البريطاني في العام 1714 قانون خطوط الطول، مؤسسا هيئة لخطوط الطول، ومخصصا جائزة لمن يخترع طريقة عملية لتحديده. هنا فإن كلمة «عملية» هي الصفة الرئيسة لأن غاليليو وفريسيوس وهيوغنز وآخرون اقترحوا طرقا معقولة لكنها لم تكن مناسبة للسفن.

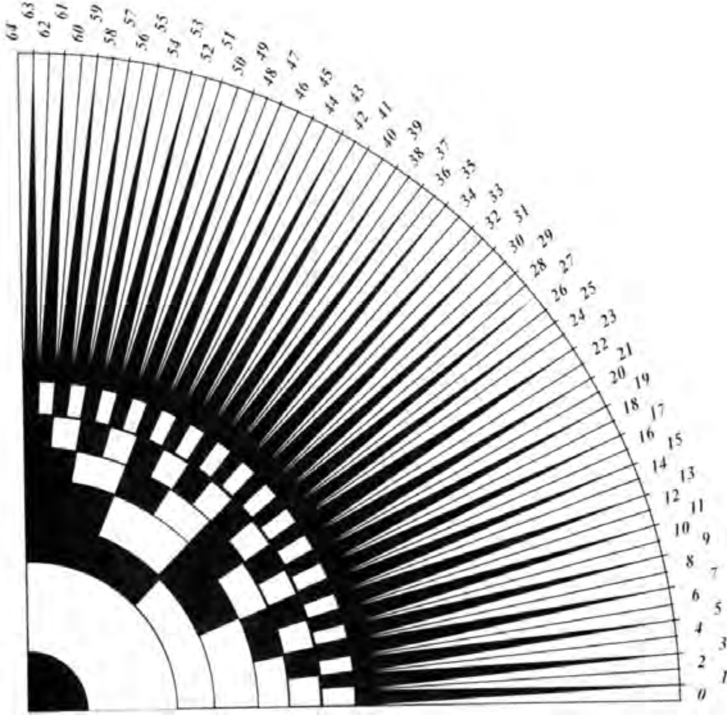
استجابة لقانون خطوط الطول، اقتُرِحت العديد من الطرق، بما في ذلك طريقة غير عملية جدا حيث تطلق مجموعة من السفن المتوقفة في عرض البحر صواريخ في الوقت ذاته. تابع صانع الساعات جون هاريسون طريقة جيما فريسيوس وكريستيان هيوغنز حيث عمل لجزء كبير من حياته على مؤقت بحري عملي. ولحل مشاكل تأرجح القارب والتغيرات في درجة الحرارة، صنع آليات تعويض معقدة، ومدارج ذات احتكاك ضئيل تسمح للساعة بأن تحفظ الوقت بدقة تبلغ عدة ثوان خلال رحلة تغطي المحيط الأطلسي بكامله. في تجربة بحرية من إنجلترا إلى جامايكا في العام 1761 أظهرت ساعة هاريسون دقة أفضل من جزء من عشر ثوان، والتي تكافئ أقل من ميلين بحريين بالنسبة إلى موقع يقع بعد رحلة تستغرق أكثر من ستين يوما.

تابع عدد من الفيزيائيين والفلكيين طريقة المسار الموازي للطريقة القمرية. تطلبت هذه المهمة حساب مدار القمر بدقة عالية جدا، والذي كان أمرا صعبا.

خط الطول والارتفاعات المتساوية

طريقة الارتفاع المتســاوي (equal altitude method) طريقة ســهلة من حيث المبدأ لإيجاد خط الطول بواســطة مؤقت وآلة ســدس. افترض أنك ثبَّت مؤقتــك على وقت غرينيتش المتوســط (GMT)، والذي يعني وجود الشــمس فوق زوال غرينيتش مباشرة (خط طول = 0 درجة) عند الظهيرة في المتوسط. في الصباح تلاحظ الشــمس وهي ترتفع أعلى فأعلى في السماء. مع ارتفاع الشمس ثم الانخفاض للأســفل يمكنك تســجيل عدد من الارتفاعات وتســجيل زمن كل موقع. لو رســمت مخطط ارتفاع الشــمس وانخفاضها، يمكنــك إيجاد النقطة الوســطى لخط يصل ارتفاعــا واحدا خلال ارتفاع الشــمس وانخفاضها. يتعلق زمن النقطة المتوســطة باللحظة التي تمر فيها الشــمس بخط الزوال الذي تقع أنت عليه. يمكنك الحصول على خط الطول بتحويل الزمن بين المرور بخط زوال غرينيتش، والمرور بخط الزوال الواقع عليه إلى درجات.

في محاولة لإيضاح طريقة الارتفاع المتســاوي، خلقــت التحدي الخاص بي. تظاهــرت بأنني محصــور في جزيرة مقفرة، ومعي ســاعة معصم فقط لتعمل كمؤقــت، وبعض قطــع الغيار. صنَعت ربعية من مــواد وجدتها في قبو منزلي: لوح خشــبي وأنبوب معدني وحبل صيد وصخرة (لتعمل عمل رصاصة التثقيل) ومقياس زاوي مدرج صنعته من أشــياء بســيطة (كما في الشــكل 115). بني مقيــاس الزاوية الربعية بناء على طريقة تدرس في دروس الهندســة في المدارس الثانوية: صنفتُ الزوايا بالتتالي حتى قســمت الربعية إلى أربعة وســتين قسما زاويا متســاويا. ثم رســمت زوايا متطاولة لتقســيم كل جزء، كما هو واضح في الشكل. سمحت المثلثات لي بتقسيم الأجزاء الزاوية إلى أقسام أصغر. استعملت ظل الشــمس الذي ينفذ خلال أنبوب معدني متصل بالربعية لإجراء مشاهدات للنجوم خلال اليوم.

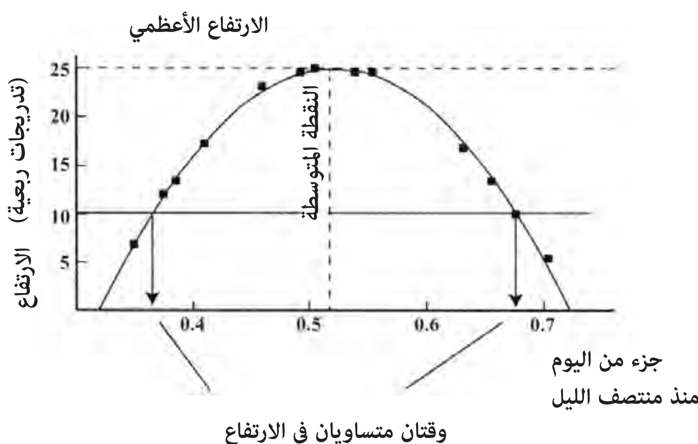


الشكل(115): مقياس زاوي مدرج لربعية صنعها المؤلف منزليا.

يظهر الشــكل (116) ارتفاعات الشمس التي قستها في 27 أكتوبر من العام 2008. ســجل الزمــن كجزء من اليــوم بعد منتصف الليل المحلي كما ســجلته ســاعتي اليدوية. ســجلت الارتفاعات كقراءات من تدريجــات الربعية. يمكنك رؤيــة أن قياســات الارتفاع الأخفض كانــت بحدود خمســة تدريجات ربعية، والأعــلى بحدود خمســة وعشرين. نحو الظهر المحلي لا يتغير ارتفاع الشــمس بسرعة، لذا يمكن أخذ متوســط هذه القياســات لإيجاد خــط العرض، لكنها لا تســاعد كثيرا في إيجاد خط الطول. بتحويل تدريجات الربعية إلى درجات، كان الارتفاع الأعظمي للشــمس 36.1 درجة. قمت بحســاب الميل الشــمسي لذلك

اليوم باســتخدام التقريب المبين في الشــكل (87) في الفصــل الثامن. مع الميل المحســوب وجدت أن خط العرض الواقع عليه 41.9 شمالا بعدم تأكد +/- 0.5 درجة تقريبا. كان خط العرض الحقيقي الواقع عليه هو 42.4 درجة شمالا وهو يتسق مع دقة الربعية التي استخدمتها.

طريقة الارتفاع المتســاوي موضحــة أيضا في الشــكل (116). وبينما يتغير ارتفاع الشــمس قليلا قرب زمن المرور بخط الــزوال يتغير الارتفاع بسرعة بعد الشروق مبــاشرة وقبل الغروب مباشرة. يمكن أخذ متوســط الزمنين عند مرور الشمس بارتفاع معين في أثناء الشروق والغروب للحصول على زمن المرور بخط الزوال. يمكن للمرء أن يتتبع منحنيا خلال الارتفاعات بحافة مســتقيمة أو حتى باليد، ويعطي هذا تفســيرا للمشاهدات وهو دقيق نسبيا إذا أجري بعناية. ثم يمد خطا أفقيا عند ارتفاع معين خلال منحنى الارتفاعات.



الشكل(116): يمكن تحويل الارتفاع الأعظمي إلى خط عرض للمراقب. تعطي النقطة المتوسطة بين موقعين بارتفاع متساو خط الطول.

في هذه الحالة اخترت ارتفاعا ثابتا قدره عشرة تدريجات ربعية، التي تكافئ ارتفاعــا بمقدار 14 درجة. يمكن إيجــاد زمني الارتفاعين المتســاويين من تقاطع منحنى الشــمس مع الارتفــاع (10 تدريجات). يعطي متوســط هذين الزمنين نقطة متوسطة بين الشروق والغروب، وهو زمن المرور بخط الزوال. بعد الحصول

على النقطة المتوسـطة للمنحنـى والتصحيح لعلاقة الزمـن وجدت خط الطول بمقدار 71.5 درجة غربا. كانت القيمة الحقيقية هي 71.2 درجة. يعود جزء كبير من هذه الدقة إلى ساعتي اليدوية التي تعمل بهزاز من بلورات الكوارتز.

لتلخيـص تجربتي في «الجزيرة المقفرة» في قياس الارتفاع الشـمسي: عثرت على موقعي بدقة وصلت إلى 30 ميلا بحريا على طول محور شـمال – جنوب، و15 ميلا بحريا على محور شرق – غرب. يمكن لملاح في القرن التاسـع عشر أن يسـتخدم آلة السـدس ليحصل على دقة أكبر من ربعيتـي البدائية. إضافة إلى ذلك، ربما كان معه جدول أكثر دقة لميول الشمس للحصول على دقة تصل ربما إلى 10 أميال أو أفضل من ذلك.

ربما كانت طريقة الارتفاع المتسـاوي هذه أبسـط الطرق للفهم من حيث المبـدأ، لكنهـا تعاني عيبا واحـدا: إذا أجريت القياسـات على سـفينة متحركة فسـتصبح القياسات منحازة خلال يوم. يمكن من حيث المبدأ التعويض في هذه الحالة، لكن هذا يضيف خطوة إضافية وهي معرضة لعدم التأكد تقريبا.

قمريات

الطريقـة القمرية التي تدعـى غالبا قمريـات (Lunars) لم تتم مباشرة مع اختراع المؤقت. في أواخر القرن الثامن عشر وأوائل القرن العشرين كانت المؤقتات الدقيقـة أجهزة غالية الثمـن، ولم يتمكن العديد من أصحاب السـفن التجارية من امتلاكها. مع مرور السـنين تغيرت نظرة الرياضيـين للبحارة، وحاول بعضهم جاهدين صنع أنظمة فعالة للملاحة يمكن استخدامها بسهولة على متن البواخر.

يمكن أخذ القمريات خلال الشـهر عندما يكون القمر في وضع جيد لقياس زاويته مع الشـمس أو مع نجم لامع. نموذجيا يستخدم السدس لقياس الزاوية بين الشـمس والقمر. إضافـة إلى ذلك يقاس ارتفاع كل منهـما لإجراء تصحيح لعامل يدعى التوازي(*). ينشأ هذا التأثير من قرب القمر من الأرض.

ناثانيل بوديتش (1773-1838) رياضي لامع تعلم ذاتيا من مدينة سـالم في ماساتشوسـيتس. كانت له مسـاهمة في التقليد البحري لمدينة سالم، ومساهمة

(*) Paralax: انزياح الزاوية الظاهري لجسم سماوي بسبب مراقبته من سطح الأرض بدلا من مركزها. [المترجم].

أخــرى في تقليد علماء مثل إســحق نيوتن الذي قرأ كتبــه باللاتينية. لم يتمكن مالكو الســفن التجارية وســفن صيد الحيتان في مدينة سالم من شراء المؤقتات البحرية. نشر بوديتش نظاما مبســطا لاســتخدام القمريات لحســاب خطوط الطول، وفصّل هذه التقنية في كتابه «الملاح الأمريكي العملي» مسترشدا بمقولة: «لا تضع في كتاب أي شيء لا تســتطيع تعليمه لطاقم سفينة». حتى هذا اليوم تدعى الأطروحات الملاحية التي تنشر ضمن هذا التقليد بـ«البوديشتية».

الملاحة الدقيقة

في يوليو من العام 1843 نشر القبطان البحري توماس سومنر طريقة حديثة ودقيقة لتحديد موقع الســفينة في البحر بالإسقاط على خارطة ميركاتور. شذّب الفرنسي مارك ســينت هيلير عمل سومنر أكثر بتقنية دعيت «طريقة التقاطع» (intercept method)، التي لاتزال تســتخدم بشكل شائع حتى الآن. بواسطة آلة ســدس دقيقة، ومؤقت بحري، وجداول، وخارطة ميركاتور يمكن للملاح الآن أن يعثر على موقعه بدقة تصل إلى بضعة أميال بحرية بطريقة التقاطع. أسست هــذه الطريقة على مبدأ أنه لمســافة قصــيرة يعطي ارتفاع نجــم في لحظة ما خــط موقع للمراقب. وبالحصول على خطين للموقع يمكن للملاح تحديد موقع الســفينة من تقاطعهما. بحلــول القرن العشرين أصبحت هــذه الطريقة هي الطريقة المعيارية للملاحة السماوية.

يتهيأ الملاح على الســفينة للوقت السحري بين عالم النهار وعالم الليل عندما يكون الأفق والنجوم الألمع مرئية. تدوم هذه الفترة التي تدعى «الشفق البحري» نحو نصف ســاعة. بالتحضير لهذه الفترة الرئيســة، يهيئ الملاح نفســه بتقدير موقعه مســتخدما عملية التخمين الصائب. وهو يعلم أيضا بشــكل تقريبي أي نجم ســيظهر في الســماء مباشرة بعد غروب الشــمس. وبمجرد أن تبدأ النجوم بالظهــور يقيس ارتفاع نجم ما فــوق الأفق، ويلحظ زمــن المؤقت. ثم بسرعة يقيــس ارتفاعا آخر فوق الأفق لنجم آخر، ويســجل زمن المؤقت. وقبل شروق الشــمس يعيد العملية نفســها مرة أخرى لكن الملاح ينتظر عند الغســق فقط بثقة لتوهج كافٍ في السماء لإضاءة الأفق.

يجب تصحيــح ارتفاعات النجوم لأخذ الانكســار وزاويــة الانخفاض بعين الاعتبار. ثم باستخدام جهاز إسقاط ميركاتور يمكن للملاح من خلال تقدير موقع ما وفق عملية التخمين الصائب أن يرسم خطي الموقع لكل نجم على الخارطة. إنــه يعلم أن الموقع في مكان ما على طول كل خط موقع، لذا فالموقع الحقيقي هو عند تقاطع الخطين. والذي يســجله على خارطته. يمكن أيضا حســاب خط العرض وخط الطول مباشرة من خطوط الموقع.

يأخــذني هــذا إلى نهاية قصــة التخمين الصائــب والعثور عــلى الموقع من الشــمس والنجوم. لكن الملاحة أكثر من هــذا بكثير. فالرياح والطقس والأمواج والمــد والجزر والتيارات وحتى القوارب نفســها، كلهــا عوامل مهمة في تحقيق رحلــة آمنة، ويجب اعتبارها بعنايــة لتحقيق رحلة ناجحة. وأبعد من أن تكون مســائل ثانوية للملاحة، فقد سجلت التحديات التي تقدمها الطبيعة في العديد من ســجلات الرحلات، وكانت مهمة بقدر أهمية الملاحة السماوية ذاتها، إن لم تكن أكثر أهمية. القسم الثاني من الكتاب سيعالج هذه القضايا.

سماء حمراء في الليل

منــذ زمن ليس بالبعيــد، كان الطقس يملي شروطــه عــلى عملية الســفر. في أوائــل حقبة الســفر في البحــار. ربمــا كان على البحــارة أن يمكثوا عدة أســابيع في المرفأ بانتظار ريح ملائمة تحملهــم إلى مقصدهــم. كانــت القــدرة على توقــع هبوب عاصفة مهارة مهمة بالنســبة إلى أي ملاح. اســتُخدمت الريــاح في كل الثقافات كبوصلة. وأعطيت أســماء بحســب الاتجاهات الرئيســة. في عصرنا نادرا ما يلحظ الناس دلائل الطقــس. ويعتمدون بدلا من ذلك على تنبؤات تنــشر في الصحف أو تظهر على الإنترنت أو من تطبيق على هاتف خليوي.

ســمح تطوير أدوات كجهاز قياس الضغط وجهــاز قياس الحــرارة في القرن الســابع عشر بتحديــد أرقام تعبر عن حالة الطقس. وتطورت طرق للتنبؤ بذلك. حاليا تزود شبكة من الأقمار الصناعيــة ومحطات الرصد بيانــات إلى نماذج حاســوبية للتنبؤ بحالة الطقس. لكن العمليات

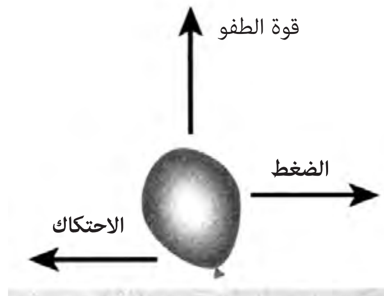
«مــن الواضــح أن إغراء الســماء الحمراء في الليل كان شــائعا منذ ألفي سنة على الأقل»

التي تدفـع أنظمة الطقس معقدة. حتى أنها توصف بـ «العشـوائية». مما يجعل التنبؤ بالطقس بأي دقة لفترة طويلة من الزمن عملية صعبة. بالمثل فالتنبؤ بالطقس العنيف لزمن ومسافة قصيرتين ليس عملية سهلة.

قبل توافر التنبؤات بالطقس بشـكل كبير، كان المسـافرون يجربون حظهم مع القدر، أو كانوا يعتمدون على قدرتهم على قراءة الإشارات في الغيوم والرياح للتنبؤ بالطقس بأنفسـهم. كان باسـتطاعة العديد من البحارة الموسميين التنبؤ بالطقس بثقة. كان للسـحر الظاهر في عبارات مثل «غدا سوف تهب العاصفة بالتأكيد» من ملاح قديم أسـاس من إشـارات قرئت من الرياح والسـحب. إنها مهارة يمكن لأي شخص أن يتعلمها من خلال الملاحظة والصبر.

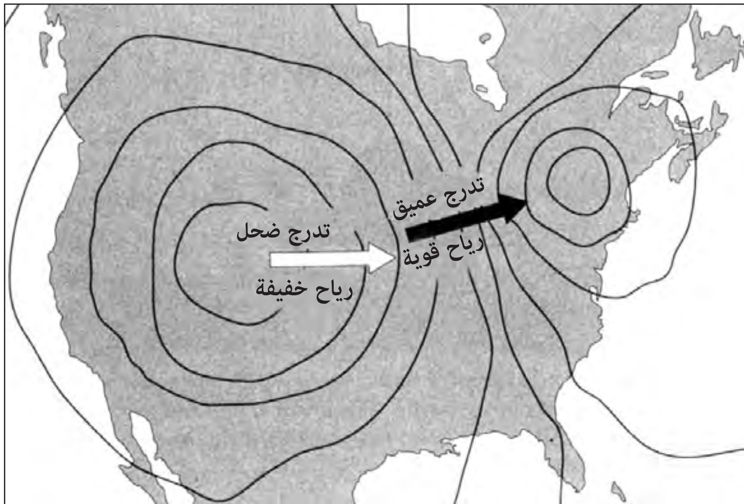
أسـهل تنبؤ للطقس هو الاستمرارية (persistence): الطقس غدا سيكون مثل الطقس اليوم. هذه الطريقة موثوقة لكن يمكن تطويرها بملاحظة تجمع السـحب واتجاه الريح. يخصص جزء من هذا الفصل إلى أوليات التنبؤ بالطقس للهواة.

يمكنـك التفكير في الغـلاف الجوي على أنه مؤلف من ملايـين الحزم الصغيرة من الهـواء. تصور أننا نأخذ حزمة صغيرة من الهـواء ونضعها ضمن بالون. قد يرتفع وقد ينخفض أو ينتقل بواسطة الريح. يمكن شرح معظم حالات الطقس على الأرض بحسب القوى المؤثرة على هذه الحزم الصغيرة. هناك ثلاث قوى رئيسـة هي: الضغط والطفو والاحتكاك. يظهر الشكل (117) هذه القوى وهي تعمل على البالون. قوة الطفو ترفع حـزم الهواء الأخف من محيطهـا إلى الأعلى. بينما تهبط الحزم الأثقل من محيطها. لو كان الضغط أخف على طرف حزمة هوائية من الطرف الآخر. فسـوف تتحرك باتجاه الضغط الأخف. الهواء الذي يمر فوق سطح الأرض يتعرض لاحتكاك مما يجعله يبطؤ.



الشكل (117): تأثير قوى مختلفة على حزمـة من الهـواء. قـوة الطفو ترفع الحزم الأخـف من الهـواء للأعلى. أو تهبط الحزم الأثقل للأسفل تحت تأثير الجاذبية. اختلاف الضغط من منطقة لأخرى يدفع الحزمة معه. بينما يسرق الاحتكاك بالأرض الطاقة من الحزمة.

ينتــج أهم عامل مؤثر في الغــلاف الجوي عن فرق الضغط بين منطقة وأخرى. يتدفــق الهواء من منطقة ضغط مرتفع إلى منطقــة ضغط منخفض مولدا الرياح. عــلى خرائط الطقس تســمى خطوط الضغط المتســاوي بـ «الآيزوبــار» isobar (الشــكل 118). عندما تكون خطوط الضغط المتســاوي قريبــة بعضها من بعض فإنهــا تمثل تغيرا سريعا في الضغط. مما يســبب هبوب ريــاح أقوى. يدعى مقدار تغير الضغط على مسافة معينة أحيانا بتدرج الضغط. عندما تكون خطوط الضغط المتســاوي متباعدة يكون التدرج صغــيرا. وتكون الرياح خفيفــة. يمكن أن تكون التدرجات بين مناطق الضغط المرتفع والمنخفض كبيرة جدا بحيث تولد رياحا قوية وعواصف عاتية.



الشــكل (118): خطوط الضغط المتساوي تدعى «آيزوبار». تتدفق الرياح من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض. عندما تكون خطوط الضغط المتســاوي قريبة بعضها من بعض. تكون الرياح أشد.

احتــكاك الهواء الذي يتحرك فــوق الأرض قوة مهمة أيضا. مــع هبوب الرياح فوق سطح ما. يضيع الكثير من الطاقة في إزاحة الأجسام مثل حفيف أوراق الشجر أو الأمواج المتشــكلة على ســطح المحيــط. ربما تولّد عاصفة فــوق المحيط بعوائق

قليلة رياحا بسرعة ثلاثين ميلا في الساعة. لكن بعد عدة أميال على اليابسة بعد عبورها العديد من العوائق تنخفض سرعتها إلى عشرة أميال في الساعة. عندما تصل العواصف إلى اليابسة. تضيع معظم قوتها التدميرية خلال مائة ميل من الانتقال برا. بالمثل ونتيجة للاحتكاك. يمكن لسرعة الرياح بالقرب من الأرض أن تكون منخفضة جدا. لكنها تزداد مع الارتفاع. سرعة الرياح الأعلى على ارتفاعات أعلى مسؤولة عن الشكل المميز للعديد من تشكيلات السحب.

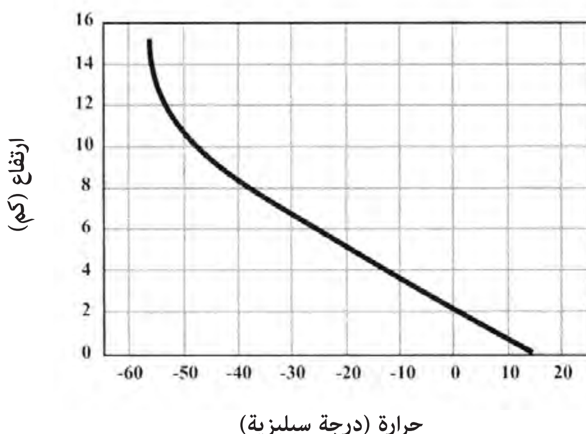
ترتبط قوة طفو الهواء مباشرة بكثافته. وهي مقدار ما يتجمع منه في حجم معين. عندما يسخن الهواء تتحرك الجزيئات بسرعة أكبر. وتتمدد حزمة الهواء. الهواء البارد أكثف من الهواء الساخن. لذا تصعد حزمة الهواء الساخن إلى الأعلى. وهو مبدأ يستخدم في إطلاق البالونات. يهبط ضغط الهواء بسرعة مع زيادة الارتفاع. وزن عمود الهواء فوقك هو الذي يسبب الضغط. وهو يبلغ 15 رطلا على الإنش المربع عند سطح البحر. مع تحركك إلى الأعلى. يصبح وزن عمود الهواء فوقك أخف. وينخفض الضغط.

ضغط الهواء على سطح الأرض ثابت تقريبا. الاختلافات البسيطة في الضغط بحدود جزء من عشرة آلاف جزء تدفع الرياح على سطح الأرض. يجري الحفاظ على الضغط الثابت عن طريق تمدد أعمدة الهواء التي تصل إلى السماء وتقلّصها. على الرغم من أن الضغط قد يبقى نفسه تقريبا خلال الصيف والشتاء. فإن هذا «التنفس» للغلاف الجوي الأرضي مع الفصول يخلق وضعا يكون فيه الهواء عند مستوى البحر أكثف في الشتاء منه في الصيف.

الانخفاض في الضغط مع الارتفاع أكبر بكثير من التغيرات على سطح الأرض. عند قمة جبل إفرست، على ارتفاع 8848 مترا، فإن ضغط الهواء بمقدار ثلث الضغط عند سطح البحر. يخلق الانخفاض السريع في الضغط مع زيادة الارتفاع نوعا من نظام تبريد يبرّد الغلاف الجوي كلما ارتفعنا إلى اعلى. عندما ترتفع حزمة من الهواء، فإنها تتمدد بالنسبة إلى محيطها، باذلة عملا. ونتيجة لذلك فهي تفقد طاقة وتبرد. يخلق التبريد المستمر للهواء الصاعد انخفاضا في درجة الحرارة بمقدار 4 درجات فهرنهايت لكل 1000 قدم من الزيادة في الارتفاع (أو 6.5 درجة مئوية لكل كيلومتر، الشكل 119). في يوم صيفي حار، أتطلع إلى السماء فوق أعالي السحب الرعدية المتموجة

وأتصــور أن درجات الحــرارة لا بد أن تكون تحت الصفر هنــاك، كأن قمما جبلية متجمدة ترتفع فوق الســهول المحترقــة. المناطق الأخفض من الغلاف الجوي حيث يحدث هذا التبريد للهواء تدعى الغلاف الجوي الأرضي (troposphere).

نموذج عمودي لدرجة الحرارة عند دائرة عرض 30 درجة



الشكل (119): نموذج لتدرج الحرارة مع الارتفاع.

يلعــب الماء دورا ضخما في الطقس والمناخ. لا يمكــن المبالغة في تقدير أهميته عندمــا تفكر أن عنف الأعاصير والفيضانــات والعواصف والرياح والظواهر الأخرى يتعلــق مباشرة بخصائــص الماء. تدعــى قدرته عــلى الاحتفاظ بالحرارة «الســعة الحراريــة» (Heat Capacity). تبقى المحيطات والبحيرات وبرك المياه أكثر دفئا في الخريــف عندما يبرد الهواء حولها. وتكون أبرد بكثــير في الربيع عندما يزداد الهواء المحيط بها ســخونة. يتطلب الأمر كمية أكبر من الحرارة لتســخين الماء من الهواء. على عكس الماء، يمتلك الهواء سعة حرارية منخفضة نسبيا. يخلق الفرق بين السعة الحرارية للماء والهواء اختلافــات ضخمة بين البيئات البحرية والبيئات البرية. على ســبيل المثال، تتلقى مدينة سيتكا، على خليج ألاســكا ريحا رطبة من الغرب تعدّل مــن تغيرات درجات الحــرارة فيها. درجــات الحرارة الأدنى في ســيتكا هي بحدود

الثلاثينيات درجة فهرنهايت في ديسمبر ودرجة الحرارة الأعلى في يوليو هي بحدود الستينيات درجة فهرنهايت – ويكون متوسط التغير في درجة الحرارة بمقدار 30 درجة فهرنهايت (17 درجة مئوية). في المقابل، تقع ادمنتون في البيرتا في منطقة برية، ويكون متوسط درجات الحرارة الأدنى – 2 درجة فهرنهايت في يناير ومتوسط درجات الحرارة الأعلى 73 درجة فهرنهايت في يوليو، وهو اختلاف بمعدل 75 درجة فهرنهايت (42 درجة مئوية).

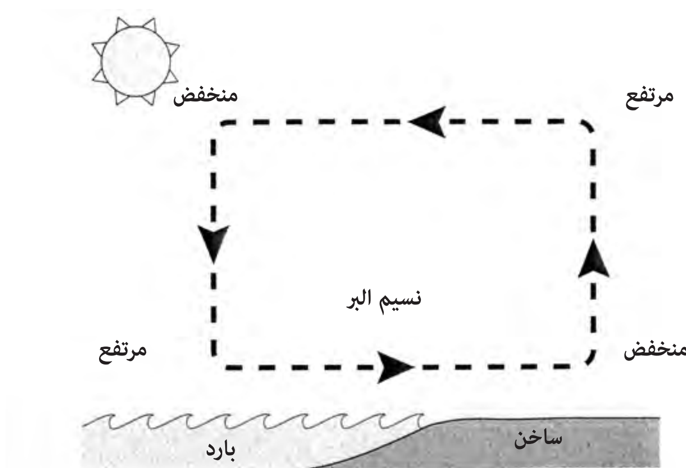
الخاصية التالية في الأهمية للماء هي «الناقلية الحرارية» (thermal conductivity)، وهي القدرة على نقل الحرارة أو البرودة من مكان لآخر. الهواء الرطب فعّال في نقل الحرارة أو البرودة من مكان إلى آخر. غالبا في ايام صيفية لاهبة يشتكي الناس بالقول: «ليست الحرارة بل الرطوبة»، يمكن لنسيم قوي في مطر بارد أن يسحب الطاقة من جلد الجوالين بسرعة مسببا انخفاض درجة حرارة الجسم (hypothermia).

الخاصية الثالثة للماء والتي ربما كانت أكثرها أهمية بالنسبة إلى الطقس هي «الحرارة الكامنة» (latent heat)، وهي كمية الحرارة اللازمة لتحويل الماء من سائل إلى بخار. في العملية العكسية عندما يشكل الماء قطرات فإنه يطلق حرارة. لو تكاثف بخار الماء في عمود صاعد من الهواء، فإنه يطلق حرارة ويسرّع من عملية الصعود. هذه العملية مسؤولة عن النمو المتفجر للعواصف المطرية في الأيام الحارة.

نسائم البحر

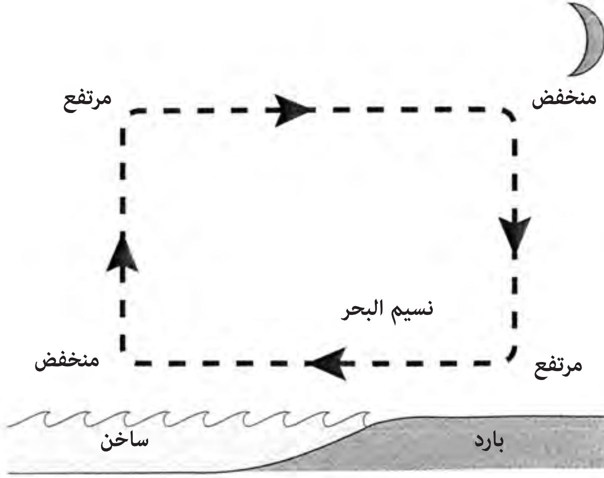
تتعلق أنماط الرياح اليومية على شاطئ البحر بالسعة الحرارية للماء. تسخن اليابسة بسرعة أكبر من المحيط خلال النهار، وتفقد الحرارة بسرعة أكبر خلال الليل. تبقى درجة حرارة الماء ثابتة نسبيا، بينما تظهر درجة حرارة الهواء فوق اليابسة اختلافا أكبر بين الليل والنهار. خلال النهار (الشكل 120) يسخن الهواء فوق البر بسرعة أكبر من الهواء فوق البحر ويشكل عمودا صاعدا من الهواء الساخن. تخلق مغادرة الهواء الصاعد فراغا جزئيا يسحب الهواء البارد من فوق المحيط ليحل محله. يهب الهواء الساخن في أعلى العمود باتجاه البحر. وما إن يصبح فوق المياه

البــاردة حتى يبرد ويصبح أكثــف ويهبط باتجاه المحيط. خــلال النهار فإن تدوير الهواء الناجم من الماء نحو اليابسة على طول السطح يدعى نسيم البحر.



الشكل (120): تنشأ نسائم البحر من صعود الهواء الساخن على اليابسة خلال النهار ثم هبوطه نحو البحر.

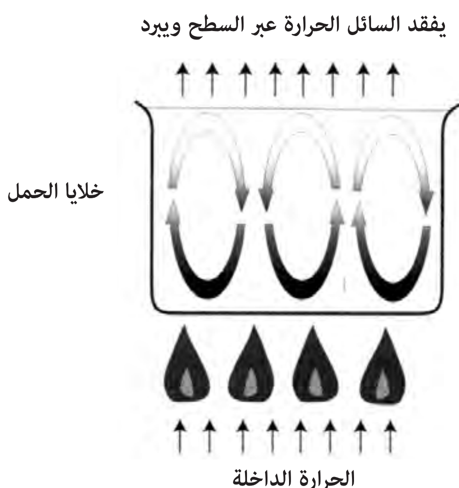
أثنــاء الليل ينعكس هذا الميل (الشــكل 121). تبقى درجة حرارة المحيط ثابتة إلى حد بعيد. لكن اليابســة تبرد بسرعة. يصبح الهواء فوق المحيط الآن أكثر حرارة، ويرتفع للأعلى. مع مغادرته لســطح المحيط، تســحب مغادرته الهواء من اليابسة. يســحب الهــواء الصاعد من المحيط إلى اليابســة عند ارتفاع عــال، ثم يبرد ويهبط للأســفل. ينجرف الهواء البارد من الداخل ويهب فوق الســطح ويعود إلى المحيط. يدعى الهواء البارد الهابط من الجبال داخل جزيرة استوائية عادة بـ «نسيم البر» أو «ريح البر». هذه المصطلحات ضاربة في القدم، وقد وجدت في فترة الإبحار الشراعي عندما كان نســيم البر يساعد السفينة على مغادرة الجزيرة. على جزر مثل جامايكا وكوبا، تعطي نســائم البر راحة كبيرة أثناء الليل عندما يســمح الهواء البارد الهابط من التلال بنوم هانئ.



الشكل (121): ينشأ نسيم البر من صعود الهواء الدافئ فوق الماء خلال الليل ثم هبوطه على اليابسة.

تنتقل الحــرارة بثلاث عمليات في الغلاف الجوي: التوصيل والحمل والإشــعاع. يحدث التوصيل (conduction) عندما يتلامس جسمان أحدهما مع الآخر. يحدث الإشعاع (radiation)، وهو انتقال للحرارة، عندما تسافر الأشعة الكهرومغناطيسية، عادة الأشعة تحت الحمراء، من مكان إلى آخر حاملة معها الطاقة. عندما ينتقل الهواء مــن مكان إلى آخر يحمل معه الحــرارة في عملية تدعى «الحمل» (convection). الحمــل هو أكثر طــرق انتقال الحرارة من مكان إلى آخــر في الغلاف الجوي كفاءة. نموذج نسيم اليابسة - البحر لدوران الهواء عند السطح الفاصل بين البحر واليابسة مثال على خلية حمل (convection cell). تنشأ خلايا الحمل الحراري عندما يسبب دوران الهواء نقــلا بطريقة الحزام الناقل للحرارة من منطقة إلى أخرى تقوم بخلق خلايــا حمــل حراري في مطبخك في قــدر من الماء الغالي. لو وضعــت بازلاء في الماء الغالي، يمكنك أن تستخدمها كمؤشرات على غليان الماء. عند حرارة منخفضة. يمكن لخلايــا الحمل الحراري أن تنشــأ، حيث تغلي البازلاء عنــد جدار القدر، وتغوص في

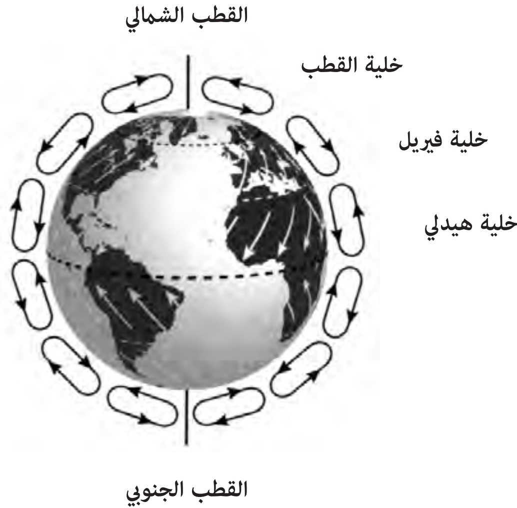
منتصفه، حيث تنقل عبر السطح. لو زدت الحرارة تحت القدر، فربما ترى عددا من خلايا الحمل الحراري تتشكل مع غليان الماء بشكل أقوى. يوضح الشكل (122) تشكل خلايا الحمل في السائل. الحركة الدائرية كفؤة في نقل الحرارة من مصدر الحرارة إلى مناطق أبرد. يمكنك أن ترى أن السائل في خلايا الحمل المجاورة يرتفع ويهبط في الاتجاه نفسه للخلية المجاورة له، بحيث يكون هناك تبادل في الدوران بين الخلايا المتجاورة.



الشكل (122): تنشأ خلايا الحمل عندما يسخن غاز أو سائل. يعتمد عدد الخلايا جزئيا على كمية الحرارة الداخلة.

أنماط الطقس العالمي

تخلق خلايا الحمل على مستوى الكرة الأرضية أنماط الطقس الرئيسة التي نراها. في كل من نصفي الكرة الأرضية توجد ثلاث خلايا حمل تمتد من خط الاستواء حتى القطبين (الشكل 123). تدعى الخلية الأقوى من الخلايا الثلاث خلية هيدلي (Hadley). تنقل هذه الخلية الهواء من خط الاستواء إلى خطي عرض 30 درجة شمالا وجنوبا. حيث تصبح باردة بما يكفي لتهبط إلى السطح، وتعود إلى خط الاستواء. أخذت هذه الخلايا اسمها من جورج هيدلي، وهو عالم أرصاد إنجليزي وصَف لأول مرة أنماط الرياح في القرن الثامن عشر.



الشــكل (123): ثلاث خلايا حمل منفصلة تنشأ بين خط الاستواء والقطبين. يخلق الهواء الراجع على امتداد سطح الأرض الرياح السائدة.

تحتوي المنطقة قرب خط الاستواء حيث يصعد الهواء الساخن إلى الخلية القليل من الريــاح، وتدعى من قبل البحّــارة بالمنطقة الراكــدة (doldrum). هنا تلتقي كتل الهواء من شــمال خط الاســتواء وجنوبه وتصعد عموديــا للأعلى. يدعو علماء المناخ هــذه المنطقة بمنطقة التلاقــي ضمن المداريــن (ITCZ). في منطقة الركود هذه هناك حزمة ثابتة تقريبا من العواصف الرعدية تنشــأ من السقوط العمودي للهواء المغلف لخط الاســتواء. في كتابه «الإبحار وحيدا حول العالم» كتب جوشــوا سلوكم عن مصادفته لمنطقة الركود هذه[1]: «في اليوم السادس عشر دخلت سفينة ســبري هذه المنطقة الكئيبة، لتعارك العواصف ولتعاني فترات من الهدوء المتقطع، لأن هذه هي حالة العناصر بين الرياح التجارية الشمالية الشرقية والرياح التجارية الجنوبية الشرقية، حيث توســع كل منهما، وهما تتصارعان بالتناوب على السيطرة، قوتها بالدوران في كل الاتجاهات».

تدعى المنطقة حول خط العــرض 30 شمــالا بخطـــوط عـرض الحصان (horse latitude)، حيث يهبط الهواء الجاف من خلية هيدلي ليشــكل خلية الحمل المجاورة

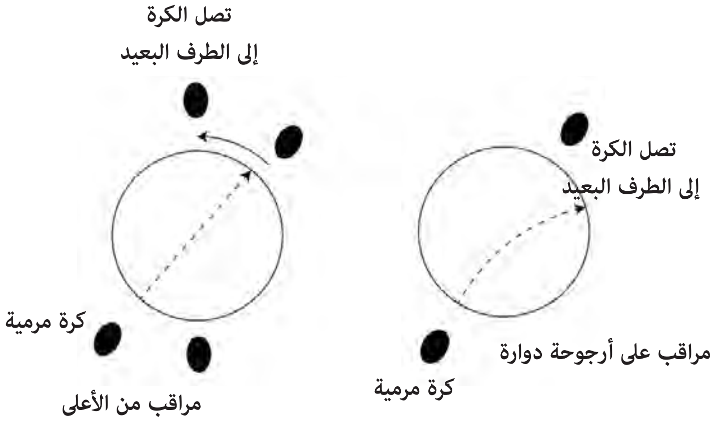
التـــي تدعى خلية فيريل. يســـود هذه المنطقة أيضا الهدوء غالبـــا، وترتبط بالصحارى كالصحـــراء الكبرى وصحراء موجافي وشـــبه الجزيرة العربية في نصف الكرة الشـــمالي. المنطقـــة المقابلـــة لها في نصـــف الكرة الجنوبي تتعلـــق بصحراء كالاهـــاري والصحراء الأســـترالية. بحســـب دليل أكســـفورد للســـفن والبحر، فإن مصطلـــح «خطوط عرض الحصان» ربما أتى من عمليات الإبحار بالسفن من إنجلترا جنوبا. كان البحارة يقبضون جزءا من أجورهم قبل بداية الرحلة. في ذلك الوقت كانوا ينفقون هذه الأجور المقدمة لهم ســـلفا في الحانات ودور البغاء قبل الإبحار، مما جعلهم مدينين. في البحر يبدأون بدفـــع ديونهم ببطء، وقبل أن يصلوا إلى نقطة تســـديد الديـــن تماما يبدأون بتجميع المال. وللاحتفال بهذه اللحظة يجلب البحارة تمثالا لحصان ميت، ويشـــبعونه ضربا في احتفال، ثم يلقونه من على متن السفينة. يجري الوصول إلى نقطة التعادل هذه عادة عند خط عرض 30 شمالا. ومن هنا جاءت تسمية خط العرض هذا بالحصان[2].

خليـــة فيريل، من وليـــام فيريل الذي اقترح وجودها في منتصف القرن التاســـع عشر، تنقل الهواء على سطح الأرض شمالا في نصف الكرة الشمالي، وجنوبا في نصف الكرة الجنوبي، حتى يصل إلى خط عرض 60 شمالا وجنوبا حيث يلتقي هناك بخلية القطب. تنقل خلية القطب الهواء من القطبين مرورا على ســـطح الأرض نحو خلية فيريل. مع ارتفاع الهواء عند تلاقي خلية فيريل مع خلية القطب، تنشأ منطقة تدعى منطقة المنخفـــض تحت القطب. يرتبط هذا الحزام مـــن الضغط الجوي المنخفض بأنظمة من العواصف الشديدة في شمال المحيط الهادئ حول جزر اليوتيان، وشمال المحيط الأطلسي حول آيسلاندا.

تأثير كوريوليس ونماذج الطقس العالمية

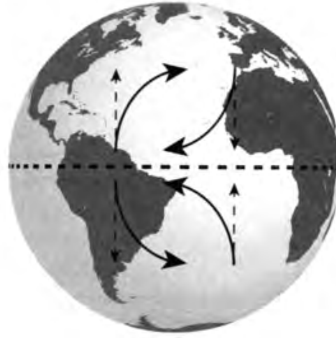
تنشـــأ الرياح الســـائدة من مســـار الهواء من خلايا الحمل العالمية على ســـطح الأرض. مـــن خطوط عرض الحصان حتى خط الاســـتواء، تتدفق الرياح الســـطحية السائدة نحو خط الاستواء، وبعد خط عرض الحصان تتدفق الرياح شمالا في نصف الكرة الشـــمالي. هناك عامل إضافي يحـــدد أنماط الرياح الســـائدة: تأثير كوريوليس (Coriolis effect) الذي يحرف الرياح في نصفي الكرة. سُـــمي هذا التأثير نسبة إلى العالم الفرنسي غاسبارد غوستاف كوريوليس الذي كتب عنه في العام 1835.

يوضح الشكل (124) أساسيات تأثير كوريوليس بالنسبة إلى شخصين يركبان على أرجوحة دوارة. يلقي أحدهما الكرة إلى صديقه مباشرة. تسافر الكرة بمسار مستقيم، لكن بما أن الأرجوحة تدور، فقد تحرك صديقه من موقعه في الوقت الذي يفترض أن تصل الكرة إليه. من وجهة نظر مراقب من فوق، فقد انتقلت الكرة بخط مستقيم، لكن بالنسبة إلى المراقبين على الأرجوحة، تبدو الكرة وقد انحرفت بقوة جديدة وغامضة.



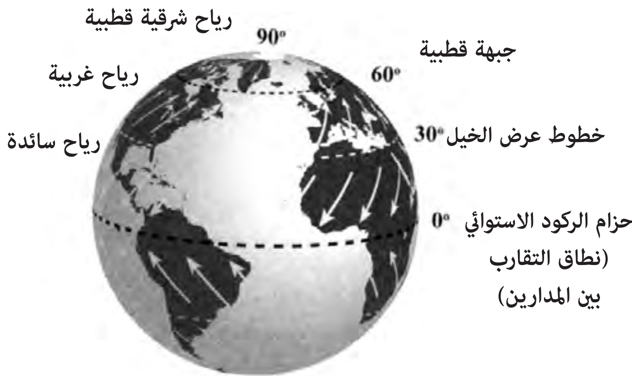
الشكل (124) تأثير كوريوليس. عندما ترمى كرة عبر أرجوحة دوارة، فإنها تنتقل بخط مستقيم. لكن من وجهة نظر مراقبين يلعبون لعبة التقاط الكرة في الأرجوحة الدوارة تبدو الكرة وقد انحرفت بقوة غامضة.

دوران الأرض يجعلها مثل الأرجوحة الدوارة. الاختلاف الرئيس عن الأرجوحة هو أن الأرض كروية. ولذا فإن سرعة الدوران عند خط الاستواء أكبر من سرعة الدوران قرب القطبين. ستتحرك حزمة هواء متجهة شمالا من خط الاستواء أسرع من الهواء المحيط بها مع ارتفاعها في الجو، وتنحرف شرقا. بالمثل، فإن حزمة من الهواء المتجهة جنوبا نحو خط الاستواء ستتحرك ببطء أكثر من الهواء المحيط بها عند خطوط عرض أدنى وتنحرف غربا. بصورة عامة تنحرف حزم الهواء التي تنتقل مسافات بعيدة نحو اليمين في نصف الكرة الشمالي ونحو اليسار في نصف الكرة الجنوبي (الشكل 125).



الشــكل (125) تأثير كوريوليــس في الكرة الأرضية. يحرف الهواء المبتعد عن خط الاســتواء إلى الشرق. ويحرف الهواء المتجه صوب خط الاستواء إلى الغرب.

يخلق مزيج من تأثير كوريوليس وخلايا الحمل العالمية رياحا سائدة على الأرض (الشــكل 126). تتولد الرياح الســائدة من الرياح السطحية لخلايا الحمل العالمية. بالنســبة إلى خلايا هيدلي فــإن الهواء العائد من خطوط عــرض الحصان نحو خط الاستواء تحرف من الشرق إلى الغرب، خالقة رياحا تجارية تهب من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي في نصف الكرة الشــمالي. تجري الرياح التجارية في نصف الكرة الجنوبي من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي. تلتقي الأشكال الشمالية والجنوبية من الرياح التجارية عند منطقة الركود.



(الشــكل 126) نماذج الرياح الســائدة على الأرض. تخلق خلية هيــدلي رياحا تجارية تهب من الشرق، وتخلق خلية فيريل رياحا تجارية تهب من الغرب عند خطوط العرض الوسطى.

يمتد الهواء السطحي في خلية فيريل من 30 درجة إلى 60 درجة شمالا، وينحرف شرقا تحت تأثير كوريليوس خالقا رياحا سائدة تُدعى الرياح الغربية (westerlies). تسمى الرياح عادة بحسب منشئها، لذا فالغربية عبارة عن ريح تهب من الغرب إلى الشرق. أخيرا هناك رياح شرقية (easterlies) عند القطب. والتي تنشأ مع حرف الرياح السطحية في خلية القطب من الشرق إلى الغرب.

كانت الرياح السائدة والغربية منها مهمة في تاريخ أوروبا وأمريكا الشمالية. في رحلة كولومبوس الأولى إلى الأمريكتين أبحر جنوبا من إسبانيا إلى جزر الكناري، حيث التقط الرياح السائدة لحمله غربا إلى البحر الكاريبي. في رحلة العودة أبحر شمالا إلى خط عرض جزر الآزور، حيث استخدم الرياح الغربية للعودة إلى أوروبا. بالمثل أبحرت السفن من أوروبا إلى أفريقيا الغربية لتحمل العبيد، ثم أبحرت غربا مستخدمة الرياح التجارية السائدة على البحر الكاريبي وأمريكا الشمالية حيث بيع العبيد. بعد التقاط البضائع من العالم الجديد، مثل مشروب الروم والسكر، عادت السفن إلى أوروبا مستخدمة الرياح الغربية. هذا المسار عرف كثيرا باسم المثلث التجاري.

المونسون

المونسون Monsoon عبارة عن حادثة مناخية فصلية تؤثر في شبه القارة الهندية، ويمكن تشبيهها بنسيم البحر لكن بمقياس ضخم. عادة ما تهيمن الرياح التجارية التي تهب من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي على أنماط الطقس في بحر العرب بين الهند وشبه الجزيرة العربية. مع اقتراب الصيف، تسخن الشمس شبه القارة الهندية. يسبب هذا التسخين ارتفاع الهواء وسحب الرطوبة من بحر العرب. ومع صعود هذا الهواء فإنه يتكاثف ويخلق فصلا ممطرا طويلا يمتد فترة طويلة من فصل الصيف، ويمكنه أن يسبب الفيضانات الكبيرة.

يمكن للملاحين أن يستخدموا رياح المونسون لمصلحتهم في توقيت رحلتهم بين شبه الجزيرة العربية والهند للاستفادة من الرياح السائدة في كلا الاتجاهين. ربما حفَزت مشكلة الإبحار ضد الرياح التجارية من شبه الجزيرة العربية إلى الهند تطوير نوع من الأشرعة يدعى بالشراع اللاتيني (المثلثي) lateen سمح للبحارة بالإبحار جزئيا ضد الريح.

سرعة الرياح

تشـير سرعة الرياح إلى تغير الطقس، وهي عامل مهم في اتخاذ قرارات السـفر. نعتمـد عموما على التنبـؤات لتعطينا فكرة ما عن سرعة الريـاح، لكن هناك غالبا دلائـل من ميلان الأشـجار، أو تصرف الأمواج في عرض البحر. في العام 1805 أنشـأ السير فرانسيس بيوفورت من ضباط البحرية البريطانية مقياسا لقياس سرعة الرياح لمسـاعدة الملاحين. دُعي مقياسـه بمقياس بوفورت، ومازال شـائعا إلى الآن. تصنف سرعات الرياح بحسـب «القوى». بالنظر إلى حالة البحر، أو طريقة اهتزاز الأشجار على اليابسـة، يمكن للملاح أن يجري تقديرا جيدا لسرعة الرياح، وأن يعدل خططه طبقا لهذا التأثير في القارب. الجدول 2 هو مقياس بوفورت على البحر واليابسة.

قوة	شدة	عقدة	تأثير
0	هادئ	01 –	دخان يصعد عموديا
1	هواء خفيف	13 –	دخان ينجرف ببطء
2	نسيم حفيف	46 –	ريح يحس بها بالوجه، حفيف أوراق الشجر
3	نسيم لطيف	710 –	غصن يتحرك، رفرفة علم خفيف
4	نسيم معتدل	1116 –	تطاير الغبار والأوراق، أغصان صغيرة تتحرك
5	نسيم طازج	1721 –	تموجات على مياه على اليابسة، تحرك شجرة صغيرة
6	نسيم قوي	2227 –	ميل أغصان كبيرة، انقلاب المظلات
7	ريح معتدلة	2833 –	ميل الشجرة بكاملها، من الصعب المشي بعكس اتجاه الريح
8	ريح منعش	3440 –	أغصان تتقطع من الشجرة، المشي صعب جدا
9	ريح قوية	4147 –	تتكسر فروع الأشجار
10	ريح كاملة	4855 –	تقتلع الأشجار
11	عاصفة	5663 –	أضرار على مدى واسع
12	عاصفة شديدة	أكبر من 64	دمار

قوة	شدة	عقدة	تأثير
0	هادئ	01 –	البحر كالمرآة
1	هواء خفيف	13 –	تجعدات من دون رغوة
2	نسيم حفيف	46 –	تموجات صغيرة، قمم لا تتحطم
3	نسيم لطيف	710 –	تموجات كبيرة، بعضها يتحطم
4	نسيم معتدل	1116 –	أمواج صغيرة، تتحطم غالبا
5	نسيم طازج	1721 –	أمواج متوسطة، كثير منها يتحطم
6	نسيم قوي	2227 –	أمواج عالية، رذاذ من الأعلى
7	ريح معتدلة	2833 –	البحر يتكوم، تظهر شرائط
8	ريح منعش	3440 –	أمواج كبيرة، شرائط كبيرة باتجاه الريح
9	ريح قوية	4147 –	أمواج عالية تبدأ بالتحطم
10	ريح كاملة	4855 –	أمواج عالية جدا، بقمم طويلة، يأخذ البحر لونا أبيض
11	عاصفة	5663 –	أمواج عالية جدا، تنخفض الرؤية، بقع كبيرة من الزبد الأبيض
12	عاصفة شديدة	أكبر من 64	البحر مملوء بالزبد والرذاذ، تنخفض الرؤية بشدة

(الجدول 2) مقياس بيفورت للرياح على اليابسة (أعلى) وعلى الماء (أسفل).
سرعة الرياح مقيسة بالعقدة؛ 1 عقدة = 1.15 ميل / ساعة.

الكتل والجبهات الهوائية

عـــلى الرغم من أن ســـطح الكرة الأرضية مغطـــى إلى ثلاثة أرباعـــه بالماء، فإن الكتل البرية القارية تؤدي دورا مهما في أنماط الطقس، خصوصا في المنطقة المعتدلة الشـــمالية (بين خطي عرض 30 و60)، حيث تأتي الجبهات الهوائية من حين إلى آخر على رياح غربية. يميل الهواء القاري ليكون جافا، ويتعرض للتســـخين بالشمس أكثر من الهواء البحري في الصيف، ويبرد بسرعة أكبر في الشتاء. في المقابل فإن الاستطاعة الحراريـــة للماء كبيرة، وتخفف من تقلبات درجـــات الحرارة بين الفصول. ليس من المستغرب أن يكون الهواء فوق المحيط أكثر رطوبة من الهواء فوق القارات. تعتمد قـــدرة الهواء على حمل الرطوبة على درجة حرارته أيضا: كلما ارتفعت درجة حرارة الهواء أصبح أكثر رطوبة. نتيجة لذلك يكون الهواء في الصيف رطبا عادة، بينما يمكن أن يكون الهواء في الشتاء جافا.

تختلف الكتل الهوائية بشـــدة عبر قارة أمريكا الشمالية. تتأثر المناطق الجنوبية الشرقية من أمريكا الشمالية بقوة بالهواء المداري الرطب المقبل من خليج المكسيك. كلما ســـافر المرء أبعد شـــمالا كان دور الهواء القاري الجاف أكثر أهمية. إضافة إلى الهواء البحري المداري، هناك هواء بارد بحري يأتي من شمال المحيط الهادئ وشمال المحيـــط الأطلسي. يعـــدَل دفق الهواء البحري درجات الحرارة على طول الســـواحل الغربيـــة والشرقية لأمريكا الشـــمالية. يظهر الشـــكل (127) توزع الكتـــل الهوائية المختلفة التي تؤثر في أمريكا الشمالية.



الشكل (127): الكتل الهوائية المؤثرة في أمريكا الشمالية

هناك منطقة خطرة خصوصا في فصل الربيع في وسـط الولايات المتحدة تدعى «ممـر الزوابع» (tornedo Alley): وهي الحـدود بين الهواء القاري الجاف البارد، والهواء البحري الدافئ الآتي من خليج المكسيك. عندما يبدأ الهواء الساخن والرطب الآتي من خليج المكسـيك بالتحرك شمالا في الربيع، يحدث اصطدامه بالهواء القاري البارد عواصف شديدة. يدعى هذا الحد الفاصل بين كتل الهواء البحرية والقارية في الولايات المتحدة غالبا بالخط الجاف.

يحدث نمط مماثل للكتل الهوائية في القارة الأوروبية، وكما في أمريكا الشـمالية فإن لشـكل السـاحل تأثيرا كبيرا في أنماط المناخ. المناطق القريبة من البحر الأبيض المتوسـط دافئة ورطبة. بينما يكون الهواء في مناطق أبعد على اليابسة أجف وأكثر عرضة للاختلافات الفصلية كما في أوكرانيا. يمكن للرياح الغربية من شـمال الأطلسي أن تجلب قدرا كبيرا من الهواء البحري البارد، ويَلْعَبُ تَغلْغُلُهُ في بحر البلطيق شرقا إلى روسيا دورا مهما.

تنعكس الانزياحات في الكتل الهوائية غالبا في حركة تيارات نفاثة. تتدفق هذه التيارات عادة من الغرب إلى الشرق. اكتشف أبعد تيار إلى الشمال عندما سمحت مقصورات الطائرات المضغوطة بالطيران فوق خمسة وعشرين ألف قدم في الطبقات العليا من الغلاف الجوي لأول مرة. عند هذه الارتفاعات وجد أن الطائرات النفاثة تطير أحيانا أسرع بمائة ميل في الساعة من المعتاد عندما تطير شرقا، وأبطأ بمائة ميل في الساعة عندما تطير غربا. هناك تياران نفاثان في كل من نصفي الكرة الأرضية يتعلقان تقريبا بالانتقال بين مناطق الدوران (الشكل 128). يدعى التيار النفاث بين الخلايا القطبية وخلايا فيريل بالتيار القطبي. يدعى التيار النفاث بين خلايا فيريل وخلايا هيدلي بالتيار تحت المداري. يتعرج تيار القطب النفاث من حين إلى آخر مولدا استطالات من الهواء البارد تغطس جنوبا، ومن الهواء الدافئ تتغلغل شمالا.



(الشكل 128) تيارات نفاثة قطبية وتحت مدارية. يرتبط الانعراج في التيارين بجبهات الطقس.

بما أن الهواء البارد في المتوسط أكثف من الهواء الدافئ، تخلق الامتدادات الشمالية من الكتل البرية القارية أنظمة ضغط مرتفع، ويخلق الهواء البحري الأدفأ أنظمة ضغط منخفض. في المناطق المناخية المعتدلة التي تسيطر عليها الرياح الغربية، تتطور الجبهات عند الحدود المتجهة شرقا بين الهواء البارد والساخن.

هناك نظامان جبهويان متمايزان عند خطوط العرض المتوسطة: جبهات دافئة وجبهات باردة. تسمى الجبهات وفق كتلة الهواء الداخلة والتي تحل محل كتلة

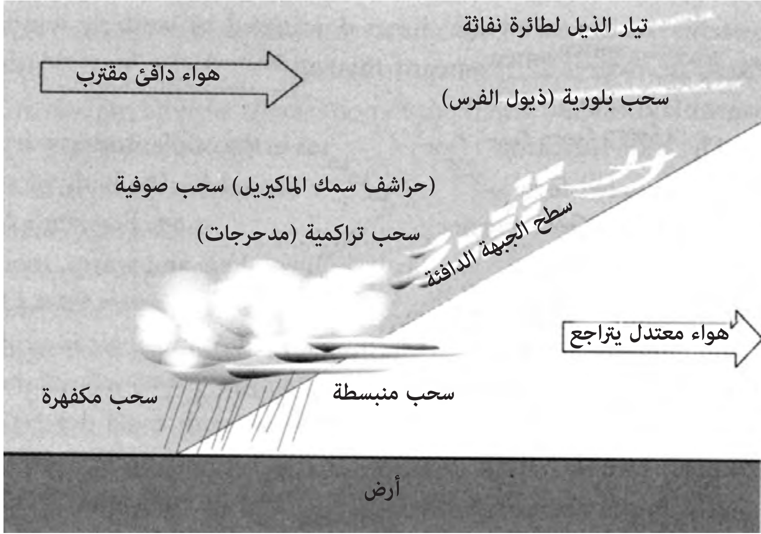
الهـواء الموجودة مسـبقا. على سـبيل المثال، لو كنت في منطقة مـن الهواء القاري البـارد، وكان هناك هواء مداري رطب ودافئ يقترب، تدعى الحدود بينهما بالجبهة الهوائيـة الدافئة. من جهة أخـرى، يدعى الهواء البارد المقتحـم لهواء رطب دافئ بالجبهة الباردة. تمتلك الجبهات الباردة والدافئة خصائص مميزة من دلائل الطقس مع اقترابها، ويمكن التنبؤ بها ببعض الدقة عن طريق الملاحظة.

من الجدير بالملاحظة أن الرياح عند مستوى سطح الأرض ليست بالضرورة مثل الريـاح التي تهب على ارتفاعات عالية، وتحرك الجبهات الهوائية. تربط الرياح على ارتفاعات عالية عادة بتغير الطقس بشـكل عام ويمكن معرفتها بملاحظة تشـكلات الغيوم على ارتفاعات عالية. هذه الرياح على مسـتويات عالية والتي تدعى، رياحا محركة، مفيدة في تحديد منحى تحرك نظام الطقس. من جهة أخرى يمكن أن تكون الرياح السـطحية ناتجة عن قوى محلية. على سبيل المثال يمكن للعواصف الرعدية التي تتحرك من الغرب أن تسحب الهواء من الشرق، لذا يمكن أن يخدع المرء بريح تهب باتجاه عاصفة مطرية.

الجبهات الدافئة

الجبهـات الدافئة هي انتقال من هواء بارد جـاف إلى هواء رطب دافئ. تكون هـذه الجبهات في العادة بطيئة الحركة، وربما تسـتغرق دلائل الجبهة المقتربة أربعا وعشرين ساعة أو أكثر لتتطور. يمكن لهذه الجبهة أن تتسبب في هطول الأمطار مع رياح خفيفة، وغطاء من الغيوم فترات طويلة. لا تكاد تعبر هذه الجبهة، حتى يصبح الطقس غير مستقر مع تطور عواصف رعدية في فترة ما بعد الظهر في فصل الصيف.

لأن الهواء السـاخن أقـل كثافة من الهـواء الأبرد الذي تحل محلـه، لذا فهي تندفع نحو الأعلى، ويمكن رؤية تشكل الغيوم لأول مرة على ارتفاعات عالية. تكون حدود الجبهات الناجمة عن ذلك على شـكل وتد (الشـكل 129). نتيجة محتواها من الرطوبة، يبرد الهواء الساخن، ويتكاثف مع دفعه إلى الأعلى. تأتي الدلائل الأولى على الجبهة على شـكل غيوم من بلورات ثلجية، ثم غيوم من قطرات الماء. العلامة المميزة لجبهة دافئة مقتربة هي سلسـلة من الغيوم تبدأ في طبقات الجو العليا، ثم تنخفض تدريجيا حتى تصبح عند أخفض مستوى لها وتهطل الأمطار.



الشـكل (129) خصائص جبهة دافئة مقتربة. تظهر سلسـلة الغيوم الهابطة على شـكل وتد من جبهة دافئة تتجاوز الهواء البارد الأكثف الموجود أمامها.

تيار الذيل لطائرة نفاثة

تيـارات الذيل لطائرة نفاثـة (jet Contrails) هي الدلائـل الأولى على وجود جبهة دافئـة (الشـكل 130). تأتي هذه التيارات من الرطوبة في الغـازات الناجمة عن محركات طائرة تطير على ارتفاعات عالية. لو كان الجو جافا نسبيا فستختفي هذه التيارات بسرعة مع امتصاص الهواء المحيط لبخار الماء. أما إذا كانت طبقات الجو العليا مشبعة ببخار الماء فستبقى لفترة أطول، وربما تتمدد أكثر حيث تعمل كبذور لتشكل قدرا أكبر من الغيوم.



الشكل (130): يمكن أن يكـون تيار ذيـل طائرة نفاثة متباطئ في السماء أحـد أول المؤشرات على اقـتراب جبهـة هوائية دافئة.

سحب ذيول الفرس Clouds Cirrus

تدعى هذه السحب غالبا بذيول الفرس (mares’ tails) بسبب شكلها الشعري الذي يشـبه شـعر ذيل الفرس (الشكل 131). تهبط تشـكلات البلورات الثلجية في السماء ببطء تحت تأثير الجاذبية. على ارتفاعات عالية تكون سرعة الرياح أكبر. مع هبوط البلورات الثلجية، فإنها لا تسـحب في السماء بالسرعة نفسها عند ارتفاعات عالية، مما يعطيها الشـكل المميز الذي تسـمى به. يعطي اتجاه مؤخرات سـحب ذيـول الفرس دليـلا جيدا على اتجاه الريح على ارتفاعـات عالية، وعلى الميل العام لحركة الطقس.



الشـكل (131): تتشكل السحب الشـعرية أو سحب ذيول الفرس من بلورات ثلجية في أعلى الغلاف الجوي.

حراشف سمك الماكيريل

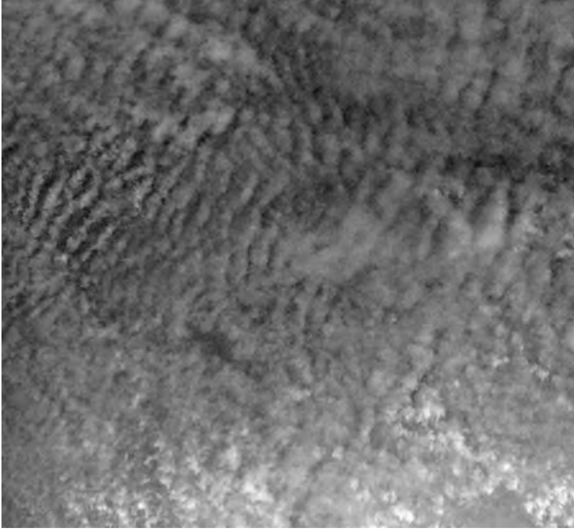
تدور أغنية قديمة حول الطقس على الشكل التالي:

حراشف الماكيريل وذيول الفرس

تجعل السفن الضخمة تحمل أشرعة منخفضة

حراشف الماكيريل (Mackerel Scaled) هي شكل من تشكيلات الغيوم والتي تدعى سـحب ندف الصوف cirrocumulus. لهذه الغيـوم بنية ناعمة، ولا تظهر

ظلالا (الشــكل 132). لهذه الغيوم عادة نموذج مرقش يشبه حراشف سمكة، ومن هنا جاءت تســميتها. يؤشر مزيج من حراشــف الماكيريل وذيول الفرس على قدوم جبهة هوائية دافئة.



الشــكل (132): سحب على شــكل ندف من الصوف. يدعى أحد أشكالها «حراشف الماكيريل».

الغيوم الركامية

الغيوم الركامية Altocumulus هي غيوم منتفخة تظهر على مستوى متوسط. ترى عادة بعد بضع ســاعات من الظهور الأول لغيوم ذيول الفرس والغيوم الطبقية عند اقتراب جبهة هوائية دافئة. تتشكل من قطرات الماء ولها مظهر نصف شفاف. غالبا ما تشكل الغيوم المنتفخة تشكيلا يعرف مصطلحيا بالــ «متدحرجات rollers». المتدحرجات عبارة عن حزم أفقية طويلة من الغيوم (الشكل 133) ناجمة عن هواء سريع يتحرك فوق هواء أبطأ. عندما يوجد تطبق لهواء أسرع فوق هواء أبطأ، يمكن أن تتشكل جيوب من دوارات ادي بضغط منخفض. ضمن هذه التيارات من الهواء الــدوار، يتكاثف بخار الماء، مشــكلا المتدحرجات. يكون اتجاه الريح في المســتوى الأعلى عادة عموديا على المحور الطويل للمتدحرجات.



الشــكل (133): غيــوم منتفخة. تدعى الغيوم في التشــكيل بالصــورة أحيانا بــ«متدحرجات»

غيوم منبسطة

تعني الكلمة stratus «منبســط» أو «متطبق». تأتي الغيوم المتطبقة المنخفضة غالبــا قبل آخر مجموعة من الغيوم قبل هطول المطر في تتابع جبهة هوائية دافئة. لو كنت تراقب تتابع الســحابة الذيلية النفاثــة المتباطئة التي تتبعها ذيول الفرس، ثم الحراشف السمكية، ثم الغيوم المتدحرجة، فربما يكون عليك عندما ترى الغيوم المتطبقــة، أن تفكر جديــا في إقامة مخيم يمنــع عنك المطر جيــدا، أو العثور على ملجأ، لأن من المحتمل جدا هطول المطر. الغيوم المتطبقة المنخفضة المتعلقة بالمطر منبسطة ورمادية، وتغطي أجزاء كبيرة من السماء. تصبح الغيوم منخفضة عند هذه المرحلــة، وتحس بالرطوبة على الجلد مع توضح قدوم الجبهة الهوائية الدافئة. ربما تصبح رائحة التربة الرطبة أشد.

الغيوم المكفهرة

بحلــول الوقت الذي ترى فيه غيوما مكفهــرة (Nimbostratus) ربما يكون الوقت قد تأخرا جدا، وربما تهطل الأمطار عليك. تكون الغيوم منبسطة نسبيا، وحاملة للأمطار. تخلق البقع المحلية من الأمطار المتساقطة بعض التموج في غطاء الغيوم. قد تكون فترة هطول الأمطار خلال جبهة دافئة طويلة، وقد تدوم لعدة أيام بحسب سرعة الجبهة.

هناك مقولة شائعة حول أنظمة الطقس:

سريعة القدوم، تمر سريعا

بطيئة القدوم، تستمر طويلا.

تشير هذه العبارة إلى سرعة اقتراب إشارات الطقس. لو استغرقت علامات جبهة هوائيــة دافئة قادمة وقتا طويلا لتتشــكل، فمن المحتمل أن يســتمر هطول المطر لفترة طويلة. لو جاءت الإشــارات بسرعة، فمن المحتمل أن تمر فترة الهطول بسرعة. خــلال فترات الهطول الطويلة، أتطلع كثيرا من فتحــة خيمتي، مكررا هذه العبارة، ومفتشا عن دلائل على توقف الهطول والطقس الصافي. عندما تبدأ الغيوم المكفهرة بالتشــتت وتظهر بقع من السماء الزرقاء فإن هذا يشــير غالبا إلى تراجع العاصفة. هناك مقولة قديمة من أصل هولندي في نيويورك:

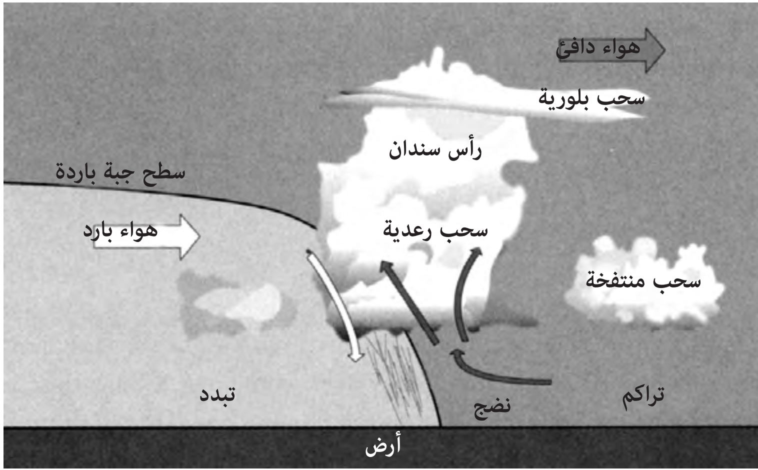
تهدأ العاصفة عندما ترى بقعا من السماء الزرقاء

كبيرة بما يكفي لتصنع منها بنطالا لهولندي[3].

ما إن تمر الجبهة، حتــى يصبح الطقس المرتبط بمنطقة الضغط الجوي المنخفض من الهواء الساخن غير مستقر غالبا، مع هبوب عواصف رعدية بعد الظهر في الصيف وغطاء من السحب شائع في الشتاء. تكون الظروف المناخية عادة دافئة ورطبة.

الجبهات الباردة

تمتلــك الجبهات الباردة خصائــص مختلفة عن الجبهات الدافئــة. ولأن الهواء البارد خلف جبهة متقدمة أكثف من الهواء البحري الدافئ، فإنه يخلق حافة أمامية حادة (الشكل 134). تعانق الجبهة الباردة الأرض وتدفع كتلة الهواء الدافئ أمامها. تخلــق الحافة الأمامية الحــادة انتقالا أسرع من الجبهات الدافئــة، وغالبا ما تولد العواصف الرعدية.



الشكل (134): شكل جبهة هوائية باردة تقتحم جبهة هوائية دافئة ورطبة

مـع اقتراب الجبهة البـاردة فإنها تدفع الهواء الدافـئ أمامها إلى الأعلى. وهذا عنصر حاسم في تطور العواصف الرعدية. يحتوي الهواء الرطب الدافئ على كميات كبـيرة من الحرارة الكامنة التي تنطلـق عندما يتكاثف بخار الماء. مع صعود الهواء الدافئ، فإنه يزداد ارتفاعا ويبرد، مشـكلا قطرات من الماء. تسـبب الحرارة الناجمة عن تشكل القطرات تسخين الهواء المحيط أكثر، وصعوده بسرعة أكبر خالقا عموديا. وعندما يحدث هذا، ينشـأ فراغ جزئي عند السـطح يسـحب كمية أكبر من الهواء الدافـئ. يشـير انخفاض مفاجئ في الضغـط الجوي غالبا إلى اقـتراب جبهة باردة. العواصف الرعدية نوع من المحركات التي تسحب الطاقة من الهواء الرطب المحيط بها. يمكن للفراغ المتولد أن يسـحب الهواء من مسـافة مائة كيلومتر حتى لو كانت الجبهة نفسها محلية.

يظهر الشـكل (134) أيضا الخصائص المتتالية للغيوم المتعلقة بإنتاج العواصف الرعدية. الغيوم الفطريـة (Puffball) للطقس الجيد هي نوع من الغيوم التراكمية (Cumulus). تبـدأ بالتراكـم في العواصف مـع التدفق للأعلى، وتبـدأ بإظهار بنية عموديـة ضخمة مع دفع أعمدة سـاخنة من الهواء للغيوم نحـو الأعلى. مع ازدياد ارتفاع هذه الأعمدة المسخنة من الهواء، تبدأ العواصف بالنضج. يمكن لأعمدة الهواء

الصاعــد أن تتجاوز أعلى الغلاف الجوي الأرضي وتنفجر لتتجمد على شــكل بلورات ثلجيــة. تنتشر البلورات الثلجية بعد ذلك، مولــدة رقعة كبيرة من غيوم ذيل الفرس المرتفعة التي تندفع أمام العاصفة برياح علوية قوية. تخلق الحزمة العالية من غيوم ذيل الفرس شكلا مميزا لـ«رأس سندان»، يرافق غالبا عاصفة رعدية ناضجة.

مــع ازدياد ارتفاع قطرات الماء في تيارات الهواء الصاعدة تبدأ في النهاية بالتبرد وتنمــو في الحجم. في مرحلة ما تصبح القطرات ثقيلة بما يكفي بحيث لا يســتطيع التيار الصاعد حملها وتبدأ بالهطول. مع ســقوط المزيد والمزيد من القطرات، فإنها تحمــل معها هواء علويــا باردا، منتجة تيارات قوية تتدفق نحو الأســفل. تســبق التيارات الهابطة المطر نفســه، ويمكنها أن تنتج رياحا قوية قبل هطول المطر. يمكن للتيارات الهابطة القوية أن تشكل خطرا على السفن والطائرات. يكون المطر الناجم شــديدا جدا، ويترافق مع البرق الذي يبدو على شــكل ضربات من غيمة إلى أخرى ومن غيمة إلى الأرض.

تدعى الغيمة الناضجــة المحملة بالمطر بالغيمة المكفهرة (cumulonimbus). مــا إن تمر العاصفة أو تخمد حتى تصبح بقايا الغيــوم المكفهرة بلون رمادي غالبا، وبمظهر شريطي عشوائي.

يمكن أن يعطي تسلسل الرياح في الجبهة الهوائية الباردة معلومات عنها. يختبر المــرء أولا رياحا تهب مــن الشرق والجنوب الشرقي تغذي العاصفة التي تســحب الهواء الرطب الدافئ من الســطح. على عكس الرياح الســطحية يمكن لغيوم عالية تتحــرك من الغرب أن تشــير إلى اتجاه الرياح الســائدة في الأعــلى. على الأرض، مع اقــتراب العاصفــة، تخلق عملية التحول إلى تيار عامــودي مرحلة من «الهدوء قبل العاصفــة». تهدأ الرياح الشرقية أو الجنوبية الشرقية مع تحرك الغيوم الســوداء في الســماء. تبدأ رياح باردة بعد ذلــك بالتدفق كجزء من تيار هابــط، لتصبح عنيفة على الأغلــب يتبعها مطر وبرق. عند هذه المرحلة تتحول الرياح إلى جنوبية غربية وغربية مع مرور الجبهة.

نمــط انحراف (veering) الرياح باتجاه عقارب الســاعة نموذجي بالنســبة إلى الجبهات الباردة في نصف الكرة الشمالي: يتدفق الهواء من الشرق والجنوب الشرقي، تتبعــه رياح غربية بعد أن يمــر. في المناطق المعتدلة من نصف الكرة الجنوبي تظهر

الرياح اتجاها معاكسا لعقارب الساعة، أو نمطا راجعا، حيث تبدأ الرياح من الشمال الشرقي وتتحرك شمالا مع مرور الجبهة، ثم تغير اتجاهها نحو الغرب.

تترافق رؤوس عاصفة رعدية ضخمة مع تدفقات هوائية عمودية قوية. يتشكل البرد عندما تتجمد القطرات في طبقات الجو العليا، ثم تهبط وتصبح مغطاة بالماء وتتجمد مرة أخرى، ثم تدفع للأعلى بتيار صاعد آخر. تتكرر هذه الدورة، ويمكن لعدة طبقات من الثلج أن تشكل عواصف بردية يكون فيها البرد بحجم كرة الغولف.

ما إن تمر الجبهة نفسها، حتى تصبح منطقة الضغط المرتفع باردة نسبيا وجافة عادة. وتظهر بقع من السماء الزرقاء بغيوم منتفخة من حين إلى آخر. خلال الشتاء يمكن لهذه المناطق القارية ذات الضغط المرتفع أن تنتج طقسا باردا جدا.

تشكيل خطير آخر يرتبط بالجبهات الباردة هو ما يسمى بخط العواصف (line squall)، وهو حزمة طويلة ممتدة من العواصف الرعدية تشكل وحدة واحدة. تشبه خصائص تدفق الهواء والتيارات القوية الهابطة لخط العواصف خصائص عاصفة رعدية من جبهة باردة، لكنها يمكن أن تكون أكثر عنفا. بحسب خبرتي المحدودة يبدو أن خطوط العواصف القادمة تأتي بعد سلسلة من الغيوم تبدو على شكل جبهة دافئة قادمة، تعبر خلال ساعات قليلة بدلا من يوم أو أكثر. مع اقترابها، تبدو خطوط العواصف من بعيد على شكل حزمة ناعمة ومتطاولة من الغيوم. يمتد تيار الهواء الهابط الأولي على طول خط العواصف، ويدعى جبهة العاصفة، والتي يمكنها أن تضرب فجأة بشدة كبيرة، يتبعها مطر منهمر وبرق.

من المهم معرفة أن العواصف الرعدية لا تحتاج إلى جبهة هوائية باردة كي تتشكل. لو كنت محاطا بهواء مداري دافئ ورطب، يمكن لتسخين الشمس خلال النهار أن يخلق عواصف رعدية متفرقة، قد يكون بعضها عنيفا. يمكن لتيار صاعد صغير أن يزرع نواة عاصفة رعدية في يوم صيفي حار، ثم تتضخم هذه النواة لتصبح عاصفة ضخمة تسحب الهواء الرطب الدافئ. تهب هذه العواصف عادة في فترة ما بعد الظهر وتهدأ عند الغسق. يمكن للتيارات الصاعدة التي تخلق العواصف أن تتشكل غالبا كجزء من خلايا حمل لنسيم البحر على الجزر في المناطق المدارية.

بغياب جبهات مكتسحة، تتبع الرياح خلال اليوم عادة نمطا متوقعا، خصوصا خلال أشهر الصيف على القارات. يترافق الهواء الساكن مع طلوع الفجر. ومع

ارتفاع الشـــمس، تحدث عمليات تسخين غير متساوية بين حزم من الأرض، وأجسام من الماء. قد تتراكم رؤوس عواصف عن بعد، ســـاحبة الهواء من مناطق بعيدة. مع تقدم النهار تنشط الرياح، وغالبا ما تصل إلى ذروتها في فترة الظهيرة أو بعد الظهر، ثم تخمد مع حلول الغســق. يستيقظ المستكشفون وتجار الفراء المتنقلون بواسطة الــزوارق في أمريكا الشـــمالية قبل طلوع الفجر بوقت جيـــد، ويجدفون عند طلوع النهار الرمادي. مع تقدم النهار على شـــواطئ بحـــيرة كبيرة، تتراكم الرياح والأمواج، مجـــبرة المجدفين على أن يتوقفوا، وينتظـــروا حتى تهدأ الرياح قرب الغروب. حيث يمكنهم أن يعودوا إلى التجديف وأن يقطعوا بعض الأميال قبل حلول الظلام.

اســـتخدم ملاحون في المحيط الهادئ المداري تشكل الغيوم كطريقة للعثور على اليابســـة على بعد مائة ميل. ليســـت هذه الطريقة غير قابلـــة للخطأ، لكنها تعمل جيدا، وهي جزء من تراث ملاحي في هاواي حيث تتم على شكل نشيد «لتكن قمم هافيكي مغطاة بالغيوم»[4]. تأتي الإشـــارة إلى الأرض هذه، جزئيا، من العمليات التي تنتج نســـائم البحر: يسحب الهواء من المحيط خلال النهار، ويتسخن فوق اليابسة، ثم يرتفع للأعلى. يتكاثف الماء في عمود الهواء الصاعد، منتجا رؤوس عواصف تحلق فوق اليابســـة على ارتفاع ثلاثين ألف قدم. يظهر الشـــكل (135) أعلى رأس عاصفة على بعـــد ثمانين ميلا من آلة التصوير، يضاء بالشـــمس التي انخفضت تحت الأفق مظللة الغيوم الأخفض بالظلام.



الشـــكل (135): أعـــلى غيمة لرأس عاصفة مضاءة بالشـــمس الغاربة. يظهـــر القمر في الخلفية. أخذت الصورة على بعد 80 ميلا من تشكيلة الغيوم في الأمام.

يبلغ ارتفاع أعلى جبل في جامايكا 7400 قدم، وبالنسبة إلى مراقب عند مستوى سطح البحر، تمكن رؤيته من مسافة ستة وثمانين ميلا. تصل أعلى الغيوم القزعية إلى ارتفاع ثلاثين ألف قدم، وترى من مسافة 173 ميلا. إحدى أهم قضايا استخدام هذه الطريقــة كتقنية ملاحية هي معرفة مــا إذا كانت الغيوم المغطاة من الأعلى ممثلة حقا لليابسة. عادة تبقى غيوم البر ساكنة، بينما تتحرك الغيوم الأخرى.

بوجود البرق والرعد يمكن تقدير المسافة عن العاصفة من زمن التأخر بين لمعان البرق وصوت الرعد. يصل وميض البرق فورا تقريبا بينما ينتقل الصوت بسرعة 340 مــترا في الثانيــة كي يصل إلى المراقب. لو بدأت العد عنــد ومض البرق وتوقفت عنه عندما تســمع صوت الرعد، تكون المســافة في حدود 1 ميــل لكل خمس ثوان من التأخير. مع اقتراب العاصفة، يتناقص زمن التأخر.

تتــم معظم صعقات الــبرق بين غيمة وأخرى. قد تشــكل الرياح العاتية خطرا على شــخص يحبس في الخارج أثناء عاصفة رعديــة، لكن صواعق البرق بين الغيوم والأرض مميتة، على الرغم من أنها نادرة. هناك بعض القواعد البسيطة يمكن للمرء استخدامها لتقليل تعرضه لصاعقة إذا كان في الخارج:

-1 لا تحتمِ أبدا تحت شجرة طويلة وحيدة.

-2 اجثُ عَلى الأرض في أخفض منطقة يمكنك الوصول إليها.

-3 تجنــب المخابئ الضحلــة كالكهوف الضحلــة على جرف: يمكنهــا أن تنقل الصاعقة.

-4 تجنب الشواطئ – يمكن للتيارات الكهربائية أن تسري في الماء تحت الرمال.

الأعاصير الحلزونية

الإعصار الحلزوني (cyclone) (الشكل 136) عبارة عن منطقة ضخمة ومحصورة مــن الضغط المنخفض التي تســحب الهــواء المحيط بها، مصحوبة بــدوران حول مركزهــا. بالمثل فمضاد الإعصــار الحلزوني عبارة عن منطقــة ضخمة محصورة من الضغــط المرتفع التي تدفع بالهــواء إلى محيطها مصحوبة بدوران حول مركزها. قد تتذكر أن تأثير كوريوليس يحرف الهواء الذي ينتقل عبر مسافة طويلة. يحرف الهواء إلى اليمين في نصف الكرة الشمالي، وإلى اليسار في نصفها الجنوبي.

مع انجذاب الهواء إلى جيب هوائي ذي ضغط منخفض في نصف الكرة الشمالي، يخلق الانحراف للجهة اليمنى دورانا بعكس اتجاه عقارب الساعة. وفي نصف الكرة الجنــوبي يخلق الانحراف لليســار دورانا باتجاه عقارب الســاعة. في مضاد الإعصار يرسل الهواء من منطقة ضغط مرتفع، ويتدفق نحو الخارج. يحرف تأثير كوريوليس نفسه الهواء، لكن بما أن الهواء يتدفق نحو الخارج فإنه يخلق دورانا باتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي، وبعكس عقارب الساعة في نصفها الجنوبي.

عندما تصبح العاصفة ضخمــة، يؤثر تأثير كوريوليس في بنيتها. المثال التقليدي لهذه الحالة هو الزوبعة hurricane. تنشأ الزوابع من اضطرابات في منطقة الضغط المنخفض تتحرك غربا خارج شــواطئ أفريقيا الشــمالية، وتحملهــا الرياح التجارية فوق مياه المحيط الأطلسي المداري الدافئة. مع ازدياد حجمها تسحب الهواء الدافئ الرطــب من بعيد عبر المحيــط، وتتغذى من الحرارة الكامنة نفســها التي تتولد في العواصــف الرعديــة. مع تكاثف الهــواء الصاعد إلى قطرات من المــاء، فإنه يطلق الحرارة خالقا حملا أكبر نحو الأعلى. يخلق الهواء الداخل من مسافات بعيدة دورانا باتجاه عقارب الســاعة. يتضخم دوران الرياح حول مركز الضغط المنخفض، ويصبح على شــكل محرك حراري ضخم، جالبا المزيد والمزيد من الحرارة الكامنة من الهواء الرطب الدافئ، ومحولا إياها إلى سرعة ريحية. في هذه الحالة لا يكون تدفق الهواء عمودياً فقط، بل له عنصر دوراني قوي.

الزوابــع (hurricanes) والأعاصير (typhones) اســمان يطلقان على الأعاصير المعروفــة بالأعاصير المداريــة (tropical cyclones). التمييز بين الإعصار والزوبعة هو وفق الموقع، لكنهما النوع نفســه من الأعاصير. مادام الإعصار المداري يســحب الهــواء الرطب الدافئ فوق المحيط، فإنه ينمو في الشــدة، وتتولد له عين تتطور في مركز عمود حلزوني إلى الأعلى يغذي العاصفة. تكون الرياح الأكثر شــدة خارج عين العاصفــة، وتتضاءل في قوتها مع الابتعاد عن المركــز. داخل العين لا توجد رياح أو القليل منها فقط، وهناك ضغط منخفض جدا.

أول علامــة على اقتراب إعصار مداري هو حدوث تضخــم كبير للمحيط. وكما سنرى في الفصل الـ 12، كلما كان طول الموجة أكبر انتقلت بسرعة أكبر عبر المحيط. للتضخــمات الناجمــة عن الأعاصير فــترات طويلة تصل إلى 15 ثانيــة بين القمتين.

بســبب السرعة العالية للتضخمات المحفزة مــن الإعصار، فإنها تطغى على الإعصار المــداري، وتصل قبــل أيام من الإعصار نفســه. مع اقتراب العاصفــة، يزداد ارتفاع التضخم، وتظهر على الأفق أشــكال من الغيوم تشــبه جبهــة هوائية دافئة تتحرك بسرعــة: غيوم ذيول الفرس وغيوم نــدف الصوف تتبعها غيوم منتفخة، وأخيرا حزم من الأمطار المصحوبة برياح قوية.

تشــكل الأعاصير المدارية خطــرا واضحا على الملاحة حتى بالنســبة إلى أضخم السفن. يمكن للملاحين الخبراء أن يلحظوا ظهور تضخمات طويلة، وتيارات محيطية شــاذة، ويتخذوا احتياطات وقائية. يمكن أن يســاعد الإحساس بموقع عين العاصفة المحتمــل في توجيه البحار لاتخاذ أفضل مســار. تكون سرعــة الرياح أعلى ما يمكن عندمــا تندمج حركــة الإعصارالمداري مع دورانه. يجب تجنــب هذه المنطقة. على الطــرف الآخر حيث تكون حركــة الإعصارالمداري معاكســة لدورانه تكون السرعة أقــل، ويمكن عبورهذه المنطقة بأمان. يمكن لاتجــاه التضخم المقبل، وحركة الغيوم في الأعــلى أن تعطيا بعض الدلائل حول المركز البعيد للعاصفة. لحســن الحظ فقد تقلــص كثير مــن التخمين في عــصر الصور من الأقــمار الصناعيــة في عملية التنبؤ بالأعاصيرالمدارية، لكن هذا ليس هو الحال دوما.

أبحــر كولومبوس في رحلته الرابعة إلى العــالم الجديد في العام 1502 بالقرب مــما يدعى بجــزر المارتينيك الآن، ورأى علامات الإعصــار وهي تتطور. ليس من الواضــح تماما كيف تعرف على علامــات التحذير لإعصار مداري كان يقترب منه، لكنه اســتطاع بالتأكيد تحديد وجوده من بعد. بحــث كولومبوس عن المأوى في ميناء ســانت دومينيكو في جزيرة هيســبانيولا (موطن جمهوريــة الدومينيكان وهاييتــي الآن). حــذر حاكم هيســبانيولا، نيكولاس دي إيفانــدو من العاصفة المقبلــة، لكن أوفاندو طلب تأمين المأوى لكولومبوس في ســانت دومينيكو، وكان يزمع إرسال أســطول من ثمان وعشرين سفينة محملة بالكنوز إلى إسبانيا. حاول كولومبوس ثنيه عن إرســال الأسطول، لكن الحاكم أصر على رأيه. وبالإبحار على طول الشــاطئ، عثر كولومبــوس على ملجأ في خليج، واســتطاع تفادي العاصفة. بينما غرقت أربع وعشرون سفينة من الأسطول المؤلف من ثمان وعشرين سفينة محملة بالكنوز.

تتحرك الأعاصير المدارية مع اتجاه الرياح المحركة لها. يخلق تشكلها في المنطقة المدارية حركة من الشرق إلى الغرب بسبب الرياح التجارية. مع نمو العاصفة فإنها تنحرف في النهاية، أو ترتفع إلى ارتفاعات أعلى، ثم تلتقي بالرياح الغربية، لترتد عائدة نحو الشرق. عندما تمر فوق مياه باردة، تفقد العواصف عادة القوة الدافعة لها من الحرارة الكامنة، وتتقلص بقاياها من حيث الشدة.

تعرف الأعاصير أيضا في المناطق المعتدلة ويمكن أن تكون قوية. على طول الساحل الشرقي لأمريكا الشمالية، هناك عاصفة ضخمة تعرف بالشمالية الشرقية (nor'easter)(*)، تبدأ على شكل جيب من ضغط منخفض على الشاطئ الجنوبي الشرقي للولايات المتحدة متحركا باتجاه الشمال. مع بدء الدوران حول الضغط المنخفض بعكس اتجاه عقارب الساعة، يتدفق الهواء الرطب الدافئ من المحيط إلى اليابسة. يلتقي الهواء الرطب الدافئ بهواء قاري بارد يأتي من الشمال، وبذلك تتضخم شدة العاصفة، تحدث الشمالية الشرقية عادة في فصل الشتاء، وفي الأغلب ترتبط بالعواصف الثلجية على الرغم من أنها تأتي في أوقات أخرى من العام.

وصفت العاصفة الشمالية الشرقية في هالوين (Halloween)(**) في العام 1991، في كتاب من أكثر الكتب مبيعا بعنوان «العاصفة الكاملة»، كانت إعصارا حلزونيا أشد من المعتاد، حيث امتص إعصار الشمالية الشرقية إعصارا مداريا متجها إلى الشمال عرف باسم إعصارغريس. ولّد نظام ضغط مرتفع شمال منطقة ضغط منخفض فرقا هائلا في الضغط، نجمت عنه قناة طويلة من الرياح العاتية المستمرة. أنتج هذا بدوره أمواجا هائلة ضربت الشواطئ الشرقية.

نوع مختلف من أعاصير المناطق المعتدلة يدعى مولدات الأعاصير الانفجارية. هذه هي عملية خلق سريع جدا لإعصار قوي جدا خارج المناطق المدارية. تتشكل هذه الأعاصير في الأغلب في شمال الأطلسي وشمال الهادئ، وتتطور خلال فترة أربع وعشرين ساعة أو أقل من ذلك. على الرغم من أنها أكثر شيوعا في فصل الشتاء، فإنها يمكن أن تنشأ خلال العام. حدث مثال سيئ الصيت على إعصار انفجاري خلال

(*) عاصفة ضخمة على الساحل الشرقي من الولايات المتحدة وكندا الأطلسية يأتي اسمها من الجهة التي تعصف منها. [المترجم].

(**) احتفال سنوي في 31 أكتوبر من كل عام في عدد من الدول يستخدم فيه الضحك والتندر. [المترجم].

سـباق اليخوت فاسـتنت في أغسـطس من العام 1979، حيث لم يستطع المتنبئون الجويـون التنبؤ بـه. قضت العاصفة الناتجـة عنه على حياة خمسـة عشر بحارا، وحاصرت أكثر من ذلك بكثير.

كان نيك وورد أحد طاقم اليخت غريمالكن خلال هذا السباق. كتب عن خبرته في كتـاب بعنوان «ترك على أنه ميت». مع اقـتراب نظام الضغط المنخفض بسرعة للإعصار، لاحظ لونا غريبا للسـماء في الغرب: «في ذلـك الوقت لاحظت مزيجا من الألوان في السـماء - الأحمـر والبرتقالي والأصفر، كانت غريبـة لكنها رائعة، ولم أر مثلها في حياتي. ذكرتني الألوان الحمراء بالألوان التي رأيتها في لوحة روثكو بالألوان الزيتية. شـاركت مات ومايك وديف على جانب وجهة الرياح، ونظرنا بإمعان نحو الغرب متسمرين جميعا لجمال السماء. وبما أن غروب الشمس لم يكن حتى الساعة 8.30 بعـد الظهر، فقد حِرت في نظام الألوان الذي خلقته هذه الشـمس البرتقالية الغامقة في السماء في هذا الوقت المبكر من النهار»[5].

عادة ما تلاحظ ألوان غريبة في السـماء قبل حدوث العواصف الشديدة. كتبت أطروحة دكتوراه حول ضوء أخضر يرافق أحيانا العواصف الشـديدة في وسط غرب الولايات المتحدة[6].

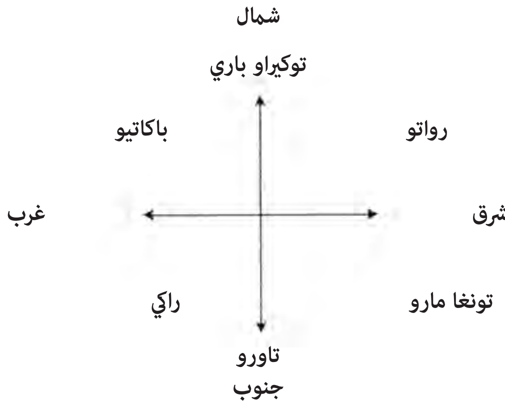
الرياح كمؤشرات على الاتجاه

كـما ذكر في الفصل الرابع، يمكن اسـتخدام الرياح لمعرفة الاتجاه. ربما تسـتمر الريـاح بعـض الوقت في الاتجاه نفسـه، أو تغير اتجاهها وفق الظـروف والفصول. إذا عـرف اتجاه الريح على فترات قصيرة جدا فمن المعقول الافتراض أنها ستسـتمر في الاتجاه نفسـه سـاعة واحدة على الأقل. على مدى فترة أطول تعد بالأيام، يمكن أن يتغـير اتجاه الريح، وفـق الطقس. خلال فترة عدة أشـهر، تتبع الرياح والطقس التغيرات الفصلية. على سـبيل المثال على طول ساحل أمريكا الشمالية، تكون الرياح السـائدة هي الغربية، لكن التغـيرات الفصلية تخلق أنماطا غير قابلة للتمييز. خلال أشـهر الصيف، تميل الرياح في المتوسـط لتهب من الجنوب الغربي، بينما في أشـهر الشـتاء، تميل لتهب من الشـمال الغربي. يمكن للعواصف العابـرة مع ذلك أن تغير هذه الأنماط فترة أياما.

تميل الرياح الآتية من منطقة ما إلى اكتساب الخصائص المميزة للمنطقة التي ولدت فيها. في نيو إنغلاند تكون الرياح الجنوبية الغربية من خليج المكسيك دافئة ورطبة. بينما تكون الرياح الشمالية الغربية الآتية من المناطق الشمالية للقارة جافة وباردة. يكون الهواء من المحيط الأطلسي في الشمال الشرقي باردا ورطبا.

تقوم خصائص الرياح والفصل الذي تهب فيه بالعمل كبوصلة طبيعية. استخدم البوغيز وهم شعب من إندونيسيا بوصلة مبنية على أنماط الرياح الفصلية[7]. وثّق ديفيد لويس البوصلات الريحية لعدد من ملاحي المحيط الهادئ في كتابه «نحن الملاحين»[8].

حلَل عالم الأنثروبولوجيا ريك فاينبيرغ أنواعا مختلفة من البوصلات الريحية على جزيرة آنوتا في المحيط الهادئ في كتابه «الإبحار والملاحة في بولينيزيا»[9]. تظهر أسماء النقاط على البوصلة في الأغلب بأدوار عديدة. بالنسبة إلى سكان أنوتا يمكن ربط الاسم تونغا بـ: 1 - فصل الرياح التجارية التي تهب من الجنوب الشرقي، 2 - أرخبيل تونغا الذي يقع شرق - جنوب شرق أنوتا. في الأغلب تندمج أسماء الرياح مع أسماء الاتجاهات في البوصلات الريحية، وتظهر أنواع مختلفة من تونغا في العديد من البوصلات الريحية في جزر المحيط الهادئ. نموذجيا يشير الاتجاه «تونغا» إلى الربع الجنوبي الشرقي. يظهر الشكل (137) مثالا على بوصلة ريحية من أنوتا. يمكن للكلمة توكيرو بير أن تعني «نحو اليابسة» أو «شمالا». من المتفق عليه أن تونغا هي جنوب الشرق الحقيقي، والاتجاه المسمى تونغا مارو هو إلى «اليمين» من



الشكل (137): بوصلة ريحية من جزيرة أنوتا.

تونغا، أو إلى الجنوب الشرقي. راكي «كبير جدا» ويملأ الربع الجنوبي الغربي. باكاتيو في الشمال الغربي وتاورو في الجنوب[10]. رسم مخبر آخر لفاينبيرغ واسمه بو نوكومانيا بوصلة ريحية مختلفة نوعا ما، لكن الأســماء والاتجاهات هي نفسها تقريبا كما في الشكل (137).

يعتمــد الملاحون الذين يســتخدمون بوصلات طبيعية عــادة على عدة مصادر لتحديد الاتجاه، سواء كانت النجوم أو الرياح أو أي مصادر أخرى. يمكن لمصدر واحد أن يخطئ أو يساء فهمه، لكن المعلومات من مصادر متعددة تبعث على الثقة. ربما تبقى ريح ســائدة فترة من الزمن، يتبعها انزياح تــدل عليه عاصفة أو تغير الفصل. تبنى المعرفة بالظروف المسببة لانزياح الرياح على الخبرة بأنماط الطقس المحلية.

الحكم الشعبية حول الطقس

قبل أن تفهم أسباب أنماط الطقس بشكل واضح، اعتمد الناس على حكم مأثورة لإرشــادهم. بنيت هذه الحكم على خبرات، لكن عندما تفحص بدقة غالبا ما يكون هناك أساس صحيح لها. وُصف مسبقا اثنان منها:

سريع القدوم، سريع المرور
بطيء القدوم، طويل المقام.
و
حراشف الأسماك وذيول الفرس
تجعل السفن الكبيرة تحمل أشرعة منخفضة.
حكمة أخرى يبدو أنها تعمل:
لو كان هناك ندى على العشب
فلن يأتي المطر أبدا.

يتشــكل الندى عادة عندما تهبط درجة الحرارة في الليل، مســببة تكاثف بخار الماء على السطوح كالعشب. يشــير انخفاض درجة الحرارة إلى سماء صافية، عندما تنقــل الحرارة بالإشــعاع بعيدا عن الأرض، على عكس الليــالي الغائمة عندما يحصر الهواء الدافئ.

هناك مقولة معروفة جيدا تقول:

سماء حمراء في الليل، تبعث السرور في البحار
سماء حمراء في الصباح، كن حذرا أيها البحار.

خلال السنين حاولت أن أفهم هذه المقولة، وعلي أن أعترف بأنني لا أثق بها كثيرا. أفضل تفسير يمكنني تقديمه هو: تتحرك أنظمة العواصف عند خطوط العرض المتوسطة من الغرب إلى الشرق. إذا رأيت غيوما عند المغيب تلمع من الشمس فيجب أن تكون هناك منطقة صافية على الأفق الغربي حتى يصل شعاع الشمس إلى هذه الغيوم. وعندما تصل تضيء الغيوم إلى الشرق. يوحي هذا بأن السماء في الغرب صافية، لكن مازالت هناك غيوم متباطئة في منطقتك. في الصباح يحدث العكس تماما حيث تكون السماء صافية قرب الشمس في الشرق، لكن هناك غيوما تضاء في الغرب. في الحالتين يشير اللون «أحمر» في المقولة إلى لون الغيوم في السماء، وليس لون الشمس نفسها. تدل خبرتي على أنه لا يمكن الاعتماد كثيرا على هذه المقولة. شاهدت عواصف كبيرة تتبع سماء حمراء في الليل وطقسا صحوا يتبع سماء حمراء في الصباح. هذه القطعة من التنبؤ بالطقس موصوفة في أنجيل ماثيو:

جاء الفريسيون والصديقيون إلى المسيح واختبروه بسؤاله أن يريهم إشارة من السماء، أجابهم: «عندما يأتي المساء تقولون» سيكون طقسا جيدا، لأن السماء حمراء.

وفي الصباح تقولون «سيكون النهار عاصفا لأن السماء حمراء وملبدة بالغيوم».

«تعلمون كيف تفسرون مظهر السماء، لكنكم لا تستطيعون تفسير علامات الزمن».

«يبحث جيل شرير وفاسق عن آية على معجزة، لكن لن يعطى أحد هذه الآية إلا آية يونان النبي». ثم تركهم المسيح ومضى.

إنجيل متَّى 16: 1-4.

بينما أترك تفسير هذا المقطع لعلماء الإنجيل، من الواضح أن إغراء السماء الحمراء في الليل كان شائعا منذ ألفي سنة على الأقل.

بالنسبة إلى العواصف الرعدية هناك:

عندما تبدو الغيوم مثل الصخور والقلاع
تنتعش الأرض بزخات متكررة من المطر.

يلمح شكل البرح إلى البنية العمودية لرؤوس للعواصف الرعدية التي تتطور.
بالنسبة إلى غيوم منتفخة لطقس صحو هناك:
لو غطت ندف صوفية طريق السماء
تأكد أن لا مطر سيهطل في يوم صيفي.

بالنسبة إلى أنماط متقلبة من الرياح قبل جبهة باردة:
عندما تكون الريح من الجنوب
يكون المطر في فوهتها.
بعد مرور الجبهة الهوائية يقال:
الريح في الغرب
تناسب كل شخص.

لا يعني استعراض بعض المقولات عن الطقس المذكورة أعلاه أن اللغة الإنجليزية هي الوحيدة التي يمارس فيها الفن الشـعبي في التنبؤ بالطقس. أبعد ما يكون عن الواقع. أنظمة الطقس مزيج مشـترك من ميول نصف متوقعة (Semipedictable trends) مع حدوث مفاجآت عشوائية تعطي الأشخاص الغرباء شيئا يتحدثون عنه في اللغات كلها.

12

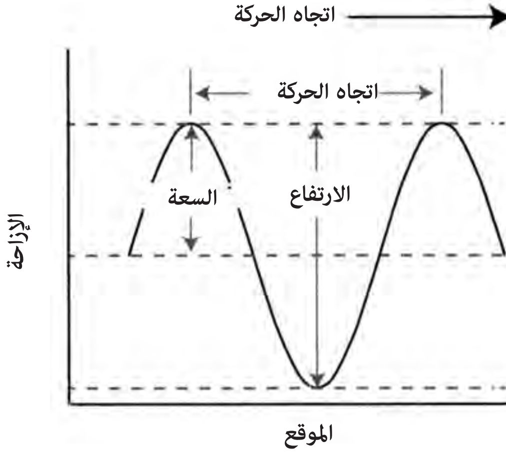
قراءة الأمواج

في المحيط تكون الأمواج عادة منتجا ثانويا للطقس: رياح فـوق المياه. يمكن أن تكون على شكل نسـيم عليل يولد نمطا على شكل مخلب القط على بحيرة ما، أو على شـكل إعصار يدفع تضخما هائلا. يبدو سـطح المحيط بالنسبة إلى معظم الناس عشـوائيا وغامضا، مع ذلك هناك معلومـات لا حـدود لهـا ضمن هـذا المظهر البسـيط، فقـط لو أمكن فك شـفرتها. تشـير تضخـمات المحيط الكبيرة التـي تتدفق لآلاف الأميـال من دون أن تنخفض شـدتها إلى وجود عواصف بعيدة. ويعكس وجود جزيرة على بعد ثلاثين ميلا نفسه من خلال نمط الأمواج المرتدة منها. يمكـن للملاحين الخبيرين أن يسـتنبطوا الكثير من المعلومات من أشكال الأمواج.

الأمواج هي اضطرابات تنتقل ضمن وسـط ما، كالماء أو الهواء، وتظهر بأشكال عدة. الأمواج الصوتية والمائية هي أمثلة مألوفة. الوسط نفسه لا يتحـرك، لكـن الاضطراب هو الـذي ينتقل.

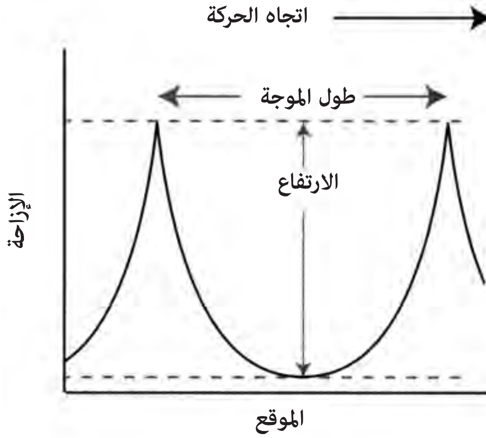
«يمكن أن تعلن اليابسـة وجودها من مسـافة معتـبرة في البحر من خلال تأثيرها في الأمواج»

توصــف الأمواج في الكتب العلمية بطول الموجة وشــدتها كما في الشــكل (138). تدعى هذه الأمواج عادة بالأمواج الجيبية (sine waves) على اسم الدالة الرياضية «جيب الزاوية». طول الموجة (wavelength)) هو المســافة بين قمة وأخرى. تصف السعة (amplitude) حجم الاضطراب أو ارتفاعه من المنتصف إلى أعلى القمة.



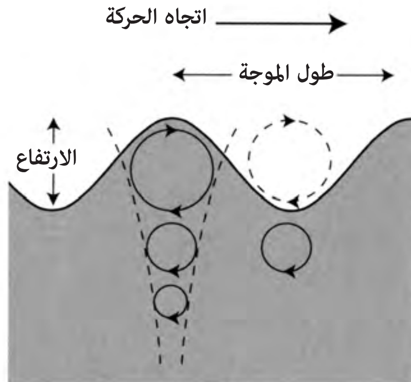
الشكل (138): موجة جيبية نموذجية، تظهر سعتها وارتفاعها وطول موجتها.

الموجة المائية ((water wave هي اضطراب على الحد الفاصل بين الماء والهواء. يمكن للأمواج المائية أن تكون أكثر انحدارا من الأمواج الجيبية الموصوفة في الشــكل (138). إذا طلبــت من طفل أن يرســم لك الأمواج في المحيط، فربما ســتحصل على شيء بقمــم حــادة كما في الشــكل (139). يدعو الرياضيون هذا الشــكل بالعجلي (trochoid) – وهــو منحنٍ يرســم من نقطة على حافــة عجلة وهي تتدحرج على الأرض. بالنســبة إلى النــوع العجلي من الأمواج فإن تعريف الســعة في الكتاب لا يحدد بســهولة. بالنســبة إلى هذه الأمواج فإن المســافة من القعر إلى القمة أسهل للقياس، وتدعى ارتفاع الموجة (wave height). معظم توصيفات أمواج المحيطات هي على شكل ارتفاعات بدلا من سعات.



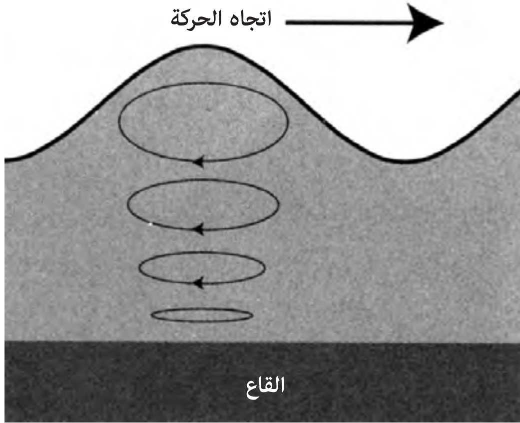
الشكل (139): شكل موجة عجلية. يمتد الارتفاع من القعر إلى القمة.

يمكــن أن يكون التجوال على شــاطئ البحر مهدئا، وفي بعض الأحيان شــاعريا، لكن هل يســتطيع المتجول العادي أن يرى حقا ما يحدث في الماء؟ تتشكل الأمواج من مدارات دائرية من الماء فوق مدارات أصغر كما في الشكل (140). عندما تصل موجة إلى الشــاطئ يتحطم المدار، ويستمر جزء من الدائرة وهو ينحني ثم ينكسر. تشــكل الأمواج المدارات الأكبر على السطح حيث يتناقص حجمها مع العمق. يمكن للغواصات أن تســتفيد من هذه الظاهرة، حيــث تغوص تحت العواصف لتتجنب الظروف التي يمكن لها إغراق سفن على السطح.



الشكل (140): أمواج الماء عبارة عن مدارات دائرية من جزيئــات الماء. يصبح كل مدار أصغر مع ازدياد العمق. وصفت هنا أمواج في المياه العميقة.

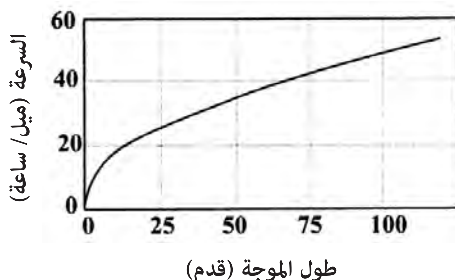
تدعى الأمواج المبينة في الشكل (140) بـ «أمواج المياه العميقة»، حيث تكون المدارات دائرية بنصف قطر يتناقص مع العمق. نموذجيا تعني كلمة «عميق» عمقا بنصف موجة أو أكثر. في مياه ضحلة تمسح مدارات الأمواج سطح البحر كما في الشكل (141)، حيث يولّد الاحتكاك مدارا بيضاويا متطاولا. يبطئ الاحتكاك مع القاع الموجة أيضا. كلما كان عمق الماء أقل كان تحرك الموجة أبطأ. مرة أخرى معنى «ضحل» هو العمق بالنسبة إلى طول الموجة. تكون الموجة المائية ضحلة إذا كان العمق أقل من واحد على عشرين من طولها.



الشكل (141): خصائص أمواج المياه الضحلة. يخلق احتكاك جزيئات الماء التي تتحرك فوق القاع مدارات مسطحة من جزيئات الماء.

ما هو عميق بالنسبة إلى موجة ما يعتبر ضحلا بالنسبة إلى موجة أخرى. يتشكل التسونامي (tsunami) نتيجة لهزة وانزياحات أرضية (حركات سريعة لمادة صلبة) تحت الماء. مع تحرك الماء لملء الفراغ، تتولَّد أمواج مائية طول الموجة فيها أكثر من مائة ميل. بمحيط بعمق أربعة أميال تعتبر التسونامي أمواج «مياه ضحلة» نموذجية، لكنها يمكن أن تتحرك بسرعة مئات الأميال في الساعة عبر المحيط، مما يجعلها غير متوقعة وخطيرة.

بالنســبة إلى أشــكال عدة من الأمواج كالأمواج الصوتية والأمــواج الضوئية، لا تعتمد سرعــة تقدمها على طول الموجة. لا ينطبق هذا عــلى أمواج المياه العميقة. يظهر الشــكل (142) العلاقة بين سرعة تقدم الموجة وطولها. كلما كان طول الموجة أكــبر زادت سرعة تقدمها. يمكن للأمواج المائية ذات الطول الكبير أن تتحرك بسرعة عالية جدا. من الشــكل (142) يمكنك معرفة أن الأمواج بطول مائة قدم يمكنها أن تنتقل بسرعة خمسين ميلا في الساعة تقريبا.

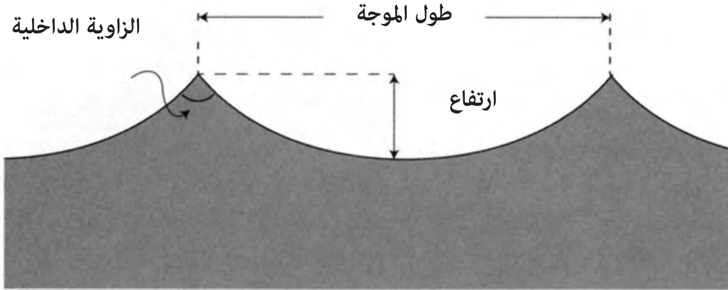


الشكل (142): العلاقة بين طول الموجة وسرعة تقدم أمواج المياه العميقة.

الدليــل الأول على قدوم إعصار هو طول موجات التضخم الطويلة التي تســبقه. بينــما قد يتحرك الإعصار عبر المحيــط بسرعة عدة أميال في الســاعة، بيد أن الأمواج المتولــدة منــه أسرع بكثير، وهي تنذر باقتراب العاصفة قبــل عدة أيام من المؤشرات الأخــرى. على الرغم من أنها تتحرك بسرعــة، فإن طول الموجة الكبير يجعل الزمن بين القمــم طويلا مقارنة بالأمواج الأقصر. بالنســبة إلى الأمــواج العادية يكون هذا الزمن بــين القمم والذي يدعى بالــ «فترة» (period) من ثلاث إلى أربع ثوان. بالنســبة إلى الأمــواج مــن الأعاصير والعواصف قد تطول الفترة بين القمــم إلى خمس عشرة ثانية. وصــول تضخمات طويلة مترافقة مع غيوم شريطية عالية، والتي يبدو أنها تشــع من نقطة ما فوق الأفق هي دلائل قوية على اقتراب إعصار. عندما أحس كولومبوس لأول مرة بعاصفة ضخمة تقترب من هيســبانيولا في العــام 1502 ربما عرف ذلك من هذه التضخمات الطويلة البطيئة. بعيدا عن اليابســة يمكن للتضخمات الناجمة عن إعصار أن تكون ناعمة وآمنة بحيث تبدو كأن زيتا صب على الماء، مخفية العنف الذي سيأتي.

تشكل الأمواج

تتولد أمواج المحيط كلها تقريبا من الرياح التي تعبر الماء (التسونامي استثناء مميز). تنمو الأمواج ببطء مع مسح الريح أولا لسطح الماء، مولدة ما يدعى بمخلب القط: تموجات ضئيلة جدا. ما إن تتولد هذه التجعدات الضئيلة حتى تكسب الرياح قوة أكبر على السطوح العمودية للأمواج تجعلها تنمو تدريجيا إلى ارتفاعات أعلى. للأمواج التي تبنى تدريجيا شكل أشبه بالشكل العجلي كما في الشكل (143) أكثر من الشكل الجيبي كما في الشكل (138). مع ازدياد الارتفاع، تصبح قمة الموجة أشد ميلا. وفي النهاية تصبح غير مستقرة وتنقلب. يحدث عدم الاستقرار هذا عندما يكون ارتفاع الموجة أكبر من واحد على سبعة من طول الموجة، وأيضا عندما تكون الزاوية الداخلية لقمة الموجة أقل من 120 درجة (الشكل 143).

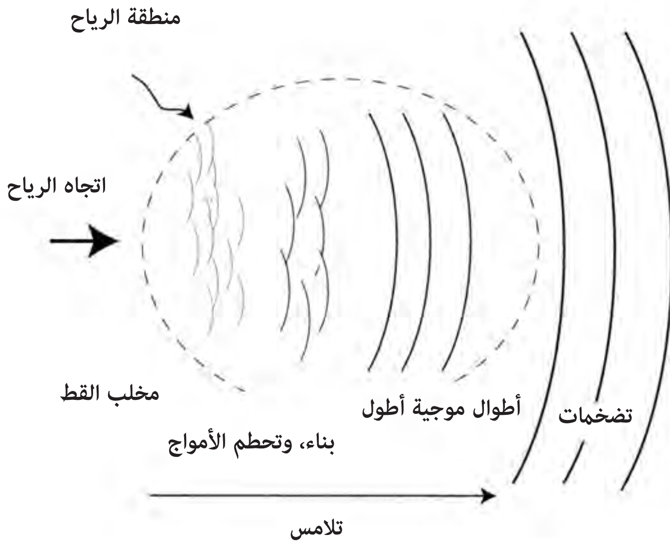


الشكل (143): حالة عدم الاستقرار للأمواج. عندما يكون ارتفاع الموجة أكبر من طولها، أو تكون الزاوية الداخلية أقل من 120 درجة تتحطم الموجة.

كلما ازداد طول الموجة زادت الطاقة التي تحتويها. مع نمو موجة قصيرة، فإن ارتفاعها يصل إلى نقطة حرجة معينة، حيث تصبح غير مستقرة بالنسبة إلى طولها وتتحطم فوق نفسها. تحت ظروف ريحية تتطور أمواج أكبر وأطول باستمرار. القمم البيضاء التي ترى في يوم عاصف هي جزء من هذه العملية. نموذجيا تتشكل القمم البيضاء أولا عندما تكون الرياح بسرعة ثمانية إلى عشرة أميال في الساعة. حالة

الأمواج على الســطح، المميزة بمتوســط الارتفاع، وطول الموجة أو الفترة تدعى حالة البحر (sea state) أو مجرد بحر. مع استمرار الرياح بالهبوب فوق الماء تزداد أطوال الموجات وارتفاعاتها حتى تصل إلى نقطة تتطور فيها إلى حالة البحر المتطور تماما.

مســافة التلامس هي المســافة التي يتوافر فيها للرياح الزمن المناسب لتكوين الأمواج. (الشــكل 144). كلما كانت مســافة التلامس أطول كان البحر أكثر تطورا. بالنســبة إلى سرعات منخفضة للرياح (عــشر عقد) يتطلب الأمر عشرين ميلا فقط لنشــوء بحر متطور تماما. لسرعات عالية للرياح (نحو خمسين عقدة) يمكن تحقيق بحر متطور بالكامل فقط على مسافة تلامس أبعد من ألف ميل.



الشــكل (144): مسافة التلامس وتطور أمواج متشــكلة بالكامل. تستمر التضخمات لمسافات طويلة بعد مغادرتها منطقة الرياح.

البحــار المتطــورة بالكامل لها أمواج أنعم أشــبه بالموجة الجيبيــة الناعمة كما في الشــكل (138). ما إن يتطــور البحر وتنحسر الرياح حتى تســتمر الأمواج على شكل تضخمات (swells). للتضخمات مظهر جيبي ناعم، ويمكنها الانتقال إلى آلاف

(*) fetch: مسافة التلامس وهي المسافة أو أحيانا السطح التي تلامس فيها الرياح سطح الماء مولدة الأمواج. [المترجم].

الأميال من دون أن تفقد طاقتها. فقط عندما ترتطم التضخمات بعقبات، مثل مياه ضحلة، أو تيار أو ريح معاكسة تبدأ بفقدان طاقتها، وغالبا تتحطم.

تكـون البحـار المتطـورة بالكامل تحـت مسـافات تلامس أطول، ورياح أشـد «منتظمة» أكثر مما يعني أن أطوال الموجات أكثر تجانسا، وأن قممها أطول من حالة البحـر تحت رياح أخف. الريح بسرعة عشرين عقدة تدعى «نسـيما منعشـا» على مقياس بيفورت، والذي يقول عن حالة البحر عندها «أمواج متوسـطة ببعض الطول، والعديد من القبعات البيضاء وكميات بسـيطة من الرذاذ». يتشكل البحر الناتج من مجال واسع نسبيا من أطوال الموجات.

الريـاح بسرعة ثلاثين عقـدة هي رياح قوية. يذكر بيفـورد حالة البحر لسرعة الريـاح هذه «يتكـوم البحر، ترمى بعض الرغوة من الأمواج المتحطمة على شـكل شرائـط باتجاه الريح». يزداد طول الموجة كثـيرا وتكون فترة الموجة الأكثر احتمالا نحو عشر ثـوان على الرغم من أنه لاتزال هناك كمية مهمة من الطاقة في الأمواج، وبفترات قصيرة تصل حتى سبع ثوان.

أربعـون عقـدة عبارة عن عاصفـة قوية، ولهـا «أمواج عالية نوعـا ما، بقمم متحطمة تشـكل رذاذا». طول الموجة لهذه الأمواج طويل بالنسـبة إلى بحر متطور بالكامل، وتحمل معظم الطاقة في أمواج لها فترات في حدود اثنتي عشرة ثانية.

مناطق التلامس وحالة البحر

تتطور بحار أكبر بمناطق تلامس أطول. عندما تهب عاصفة قوية برياح شديدة، تشـاهد أكبر الأمواج في مناطق يمكن أن تكون فيها منطقة التلامس بآلاف الأميال. المحيـط الهادئ هو موطن بعض أطـول مناطق التلامس في الكرة الأرضية. نموذجيا تنتـج عواصف قوية في فصل الشـتاء، وطبقا لذلك تتولد أضخـم الأمواج في فصل الشـتاء في كل من نصفي الكرة الأرضية. في شتاء نصف الكرة الشمالي تصل مناطق تلامس العواصف في شـمال المحيط الهادئ إلى أربعـة آلاف ميل مولدة تضخمات جبارة تتحطم على الشاطئ الغربي لأمريكا الشمالية.

هـاواي هي أيضا موطـن بعض أضخـم التضخمات خلال شـتاء نصف الكرة الشـمالي، ولذا فهي قبلـة راكبي الأمواج المتمرسـين الذين يتحـدوَن أمواجا يزيد

ارتفاعها على خمسين قدما. غالبا ما يمسح راكبو الأمواج خرائط الطقس طويلة الأمد للكشف عن عواصف بعيدة للاستفادة من الأمواج الضخمة التي تحدثها على مناطق تلامس طويلة.

إحدى أسوأ مساحات الماء سمعة هي المحيط الجنوبي. ليس هذا اسما تعلمناه في المدرسة، لكنه معروف جيدا بالنسبة إلى البحارة. حول خط عرض 40 درجة جنوبا ليس هناك تقريبا أي يابسة في طريق الرياح الغربية. أطول منطقة تلامس في الأرض على الإطلاق هي بطول 10 آلاف ميل تمتد من أمريكا الجنوبية حتى أستراليا. خلال شتاء نصف الكرة الجنوبي (يونيو حتى نهاية سبتمبر) تصبح هذه المنطقة موطن بعض أضخم الأمواج على الكرة الأرضية. في منطقة في المحيط الجنوبي إلى الجنوب الغربي من أستراليا يبلغ متوسط ارتفاع الأمواج أكبر من خمسة أمتار (ست عشرة قدما). ربما يبدو متوسط ارتفاع موجة في حدود بناء مؤلف من طابقين كبيرا، لكن بعض الأمواج يمكن أن تكون أكبر من هذا بكثير وتصل بسهولة إلى ثلاثين قدما. وعندما تتحد موجتان أو أكثر منهما، أو تمر عاصفة ضخمة فوق هذه المنطقة فقد يصل ارتفاع الموج إلى ستين قدما.

فكر جوشوا سلوكوم مؤلف كتاب «الإبحار وحيدا حول العالم» في عبور هذه المنطقة من تازمانيا إلى أفريقيا الجنوبية في أول رحلة منفردة له للإبحار حول العالم. لكنه قرر عدم المخاطرة واتخذ مسارا حول شمال أستراليا خلال منطقة أهدأ من المحيط الهندي. اتخذ احتياطاته أيضا لتجنب المحيط الجنوبي في شتاء نصف الكرة الجنوبي. كتب ما يلي: «لم تكن لدي رغبة في الوصول إلى رأس الرجاء الصالح قبل منتصف الصيف حيث إن الوقت الآن هو أوائل الشتاء. كنت مرة مقابل رأس الرجاء الصالح في يوليو والذي كان بالطبع منتصف الشتاء هناك. صادفت السفينة المنيعة التي كنت أقودها عواصف قوية، وعانت منها. لا أرغب في أي عواصف شتوية الآن». يدعى هذا المقطع من خطوط العرض الأربعينات المزمجرة من قبل البحارة ولسبب وجيه[1].

المحيط الجنوبي طريق كلاسيكي للبحارة الذين يودون الحصول على أرقام قياسية في الملاحة. تهب الرياح الغربية بالاتجاه المفيد لرحلة من الغرب إلى الشرق، وينقص خط العرض الأعلى المسافة الكلية من جنوب أفريقيا إلى أستراليا. لكن

الخطر يكمن في العواصف والأمواج التي هي حقا مثيرة للرعب خلال فصل الشتاء في نصف الكرة الجنوبي مع منطقة تلامس طويلة.

قصة آبي ساندرلاند درس مفيد حول أخطار عبور المحيط الجنوبي خلال فصل الشتاء الجنوبي. في سن السادسة عشرة حاولت آبي أن تصبح أصغر فتاة تقوم برحلة ملاحية من دون مساعدة. يجمع اتحاد الإبحار الشراعي العالمي (ISAF) سجلات حول الإبحار، ويحافظ على أرقام قياسية، لكنه يرفض قبول محاولات تسجيل أرقام من أي شخص تحت سن الثامنة عشرة. حتى لا يشجع التصرف المتهور[2].

أتم زاك، شقيق آبي، رحلة إبحار منفردة في الفترة ما بين 2008 - 2009 ليصبح بشكل غير رسمي أول شخص تحت سن الثامنة عشرة يقوم برحلة كهذه من دون مساعدة. كان في السادسة عشرة من عمره عندما قام بهذه الرحلة. شجع والد آبي وأخوها طموحها للقيام بهذه الرحلة، وساعدا في تدريبها. كانت تتنافس مع جيسيكا واطسن الأسترالية التي كانت تحاول القيام بالإنجاز ذاته. لو نجحت الرحلة فإن جيسيكا أو آبي ستدَعي أنها أول فتاة تحت سن السابعة عشرة قامت بهذه الرحلة على الرغم من رفض الـ ISAF قبول هذه الأرقام القياسية.

أحرزت جيسيكا واطسن مسبقا تقدما كبيرا على منافستها حيث إنها غادرت سيدني بتاريخ 18 أكتوبر من العام 2009. بدأت آبي محاولتها في 10 يناير من العام 2010 من مارينا ديل راي في كاليفورنيا. بعد ثمانية أيام من محاولتها، فشلت أنظمة الطاقة في زورقها في تزويدها بالطاقة اللازمة. بعد عملية إصلاح سريعة غادرت آبي كارلو سان لوكاس في المكسيك في 6 فبراير من العام 2010 مبحرة جنوبا على طول سواحل أمريكا الوسطى والجنوبية. بعد تعرضها لانقلاب (حيث انقلب الزورق 90 درجة على أحد جانبيه، وكان الشراع موازيا تماما لسطح الماء)، بينما كانت تلف حول رأس الرجاء الصالح، وتعطل ملاحها الآلي توقفت آبي في كيب تاون في أفريقيا الجنوبية لإصلاح الزورق منهية محاولتها بالإبحار من دون توقف.

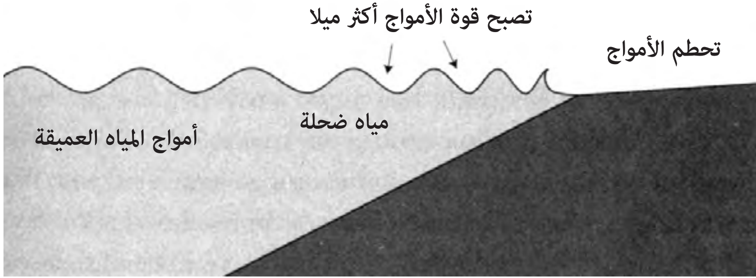
يعتبر البحارة المغادرة يوم الجمعة نذير شؤم، لكن آبي أبحرت يوم الجمعة في 21 مايو من العام 2010. بنية عبور المحيط الجنوبي مباشرة إلى أستراليا خلال الشتاء الجنوبي. كانت جيسيكا واطسن قد أنهت من فورها إبحارها في 15 مايو. خلال

عبورها المحيط الجنــوبي عانت آبي من انقلابات متعددة للزورق. في 10 يونيو فقد الــزورق الشراع بفعل موجة عاتية خلال عاصفــة، وترك زورق آل وايلد آيز متوقفا عند خط عرض 41 جنوبا و75 درجة شرقا على بعد ألفي ميل غرب – جنوب غرب بيرث في أســتراليا. لحســن الحظ أرسلت إحدى مرسلات إشــارات الطوارئ للأقمار الاصطناعية في زورقها إشــارة الخطر. أرسلت السلطات الأسترالية طائرة كانتاس من بــيرث في رحلة طولهــا 4 آلاف ميل لتقويم حالة وايلد آيز وآبي. شــق زورق الصيد الفرنــسي إيلي دو لا رييونيــون طريقه نحو الزورق المعطوب وايلد آيز، ووصل إليه في 12 يونيــو. في عملية الإنقاذ أشرف قبطان زورق الصيد نفســه على الموت حيث ســقط في المياه الباردة جدا. أنقذ في النهاية وجلبت آبي إلى ســطح الزورق، وعادت في النهاية إلى كاليفورنيا(3).

لم تكــن خــبرة آبي في المحيط الجنــوبي على الرغم من خطورتهــا هي الوحيدة. تخوَف البحارة بحق من عبور هذه المنطقة. خلال أول مســابقة للإبحار حول العالم منفــردا في العامين 1968-1969 عاد المنافس البريطاني دونالد كراوبيرســت أدراجه قبل الوصول إلى المحيط الجنوبي. احتفظ بســجل مزيَف، وانتحر في النهاية بدلا من المخاطرة بعبوره. هذه هي الســمعة التي تتمتع بها هذه المنطقة الممتدة في حدود عشرة آلاف ميل.

الأمواج المقتربة من الشاطئ

عندمــا تقترب الأمواج من الشــاطئ فإنها تبدأ عادة مــن المياه العميقة، حيث تحــدد سرعة الأمــواج بطول الموجة. مع تقدم الأمواج باســتمرار في مياه أقل عمقا تبدأ مدارات جزيئات الماء بالإحســاس بالاحتكاك بقعر البحر، ويحدث هذا ســحبا يبطئ حركتها. يوضح الشكل (145) انتقال الأمواج من مياه عميقة إلى مياه ضحلة ثــم تحطمها. مع انخفاض عمق المياه تنخفض سرعة الأمواج. ومع انخفاض السرعة تتقارب الأمواج بعضها من بعض، وتميل إلى «التراكم» بمعنى أن سطحها يصبح أكثر انحــدارا، ويتناقص طول موجتها. وفي النهاية تصبح الموجة غير مســتقرة وتتحطم. وعندمــا يحدث هذا يكسر التلامس مع قاع البحر المدارات الدائرية لجزيئات الماء. يتجعد الجزء العلوي من الموجة على نفسه، ويفرغ طاقته على الشاطئ.



الشكل (145): مع اقتراب الأمواج من مياه ضحلة، تشعر بالإعاقة من قاع البحر. يتناقص طول الموجة، وتصبح الأمواج أشد ميلا وفي النهاية تتحطم.

تعتمد طبيعة الموجة المتحطمة على طول موجة التضخم المقترب من اليابسة وميل قاع البحر. لو كان الميل قويا نسبيا، تتحطم الأمواج فجأة، مولدة موجة إغراق. لو كان الميل تحت سطح الماء أخف فستتحرك الأمواج نحو الشاطئ بوجه مائل ربما لا يتحطم إلا بعد قطعه مسافة ما: هذه الأمواج تصلح لرياضة ركوب الأمواج.

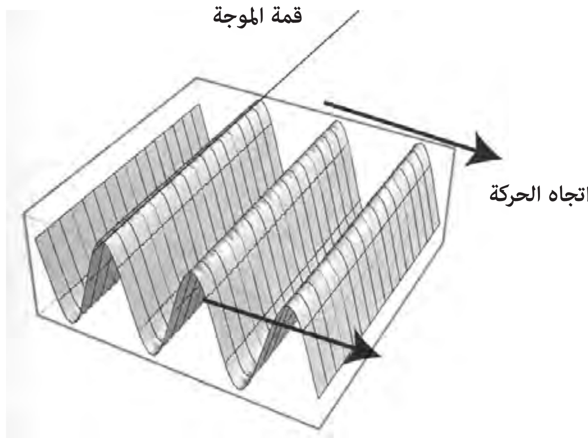
تدعى عملية تحطم الأمواج في مياه ضحلة بموجة ضحلة (wave shoaling) من قبل البحارة. الشول (shoal) هو مكان تكون فيه المياه ضحلة. حتى من دون وجود شاطئ بالقرب منه، يمكن للأمواج أن تتحطم فوق مياه ضحلة بما في ذلك الصخور المغمورة بالماء. بالنسبة إلى البحارة فإن هذه قضية حيوية. يمكن للملاحة في مياه ضحلة أن تكون خطيرة وخادعة. يمكن لصخرة مغمورة أن تحدث خرقا كبيرا في جسم السفينة مسببة كارثة. عند عبور مياه ضحلة يراقب طاقم السفينة بعناية أماكن المياه الضحلة متفحصين أشكال الأمواج، ومختبرين انحدار سطوحها، أو منصتين لأصوات تحطمها في الليل.

لو كان الشاطئ عميقا – أي ليس هناك تدرج على الإطلاق من المياه العميقة إلى الشاطئ، تنعكس الأمواج وتنتقل في الاتجاه المعاكس من دون أن تتحطم، مثل سباح السباحة الحرة في الأولمبياد، حيث يدور في الاتجاه المعاكس تحت الماء. التضخم الذي ينعكس من جرف حاد يمتد إلى مياه عميقة يمكن أن يكون هادئا بشكل مدهش، على الرغم من أنه قد يبدو كأنه ترتيب مثالي لمواجهة عنيفة. على العكس من ذلك، فالتضخم الكبير الذي يصطدم بجرف، يرتفع ببساطة ويهبط

وهـو يرتد، بالقليل من الفعل. يدعو أحد مـدرسي الكاياك البحرية هذا بـ «رافعة التضخم»، وجعـل الطلاب يجدفون حتى أعلى الجرف ليعلمهم كيف يتحكمون في الكاياك، ويقهرون الخوف بالمعرفة. يضع لاقطو سرطان البحر المجربون على شاطئ بلدة مين المصايد بالقرب من الجرف، لأنهم يعلمون أن آخرين قد يخافون بلا مبرر الاقتراب منه.

انكسار الموجة

للأمواج في المحيط قمم تمتد عموديا على اتجاه حركتها كما في الشـكل (146). بالنسـبة إلى تضخم يكون اتجاه الحركة في المحيط المفتوح على شكل خط مستقيم، لكن إذا وصل التضخم إلى مياه ضحلة فسوف يحني مساره.

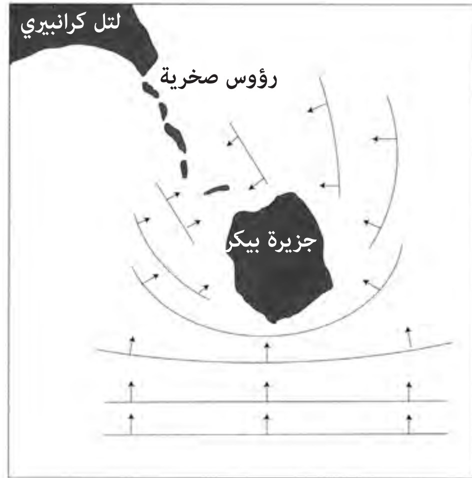


(الشكل 146): حركة الأمواج عمودية على قممها.

في الفصل التاسـع ناقشت كيف أن الضوء ينحني (أو ينكسر) بسبب الكثافات المختلفـة للهواء مما يخلق تشـوهات وسرابات. عندما تتغـير سرعة الموجة وهي تتحـرك فإنها عموما تنحـرف. تنحرف أمواج المياه أيضا. مـع اقتراب مجموعة من الأمواج من مياه ضحلة، يشوه قاع البحر شكلها، ويحني مسارها الكلي. بصورة عامة تنحني أمواج البحر بحيث تكون قممها موازية للشاطئ عندما تتحطم.

يمكن لملاح جيد أن «يقرأ» شاطئ البحر وأن يتنبأ بحالة الأمواج من شكلها. تركز النتــوءات التي تمتد في البحر طاقة الأمواج مع تجمع القمم وإحداثها للحت. توزع الخلجان طلقة الأمواج، وتجمع معظم الترســبات التــي نجمت عن حت النتوءات المعرضة للأمواج. أحد النتوءات المشــهورة في جنوب إنجلترا هو الليزارد، وهو شــبه جزيرة تمتد من شــاطئ كورنويل إلى القناة الإنجليزية. إنه موقع العديد من السفن المتحطمة. إذا لم تعط ســفينة ما الليزارد مســافة كافية مــن البحر، يمكن لعاصفة قوية من الأطلسي أن تخلق أمواجا محطِّمة خطيرة، تدفع السفن البائسة ضد القاع الضحل المتعرج الذي يبرز تحت الماء.

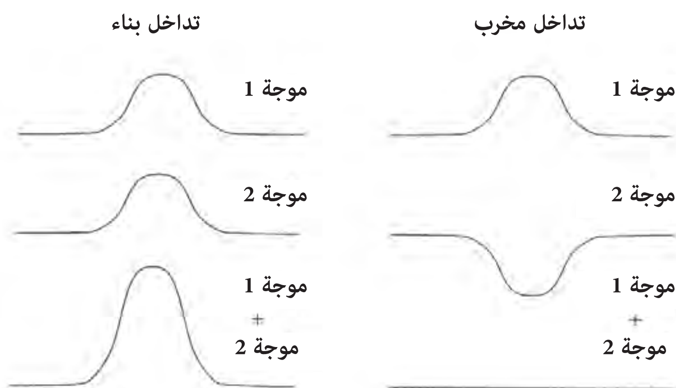
يمكن للأمواج أن تنكسر بشــدة أحيانا حول الجزر بحيــث تحيط بها بالكامل. يظهر الشكل (147) كيف يتحرك التضخم حول جزيرة بيكر، مقابل شاطئ مين. في تضخم جنوبي، تنكسر الأمواج كثيرا بحيث تجري شرقا وغربا على الجانب الشــمالي مــن الجزيرة. تتبَعت قمم الأمواج في الشــكل، وأشرت إلى اتجاه الحركة بالأســهم. لجزيرة بيكر نفســها عنق ضيق من الحواف الصخرية تمتد نحو الشــمال. في حالة وجــود تضخم جنوبي قوي من خليج مــين، تتحطم الأمواج في الاتجاه المعاكس على القاع الضحل مما قد يفاجئ الغافلين عنه.



الشــكل (147): انكسار الموج حــول جزيــرة بيكــر في مين. يمكــن للأمــواج في الجنــوب أن تلتف حــول الجزيرة وأن تتحطــم من الــشرق والغرب على الجهة الشمالية (الخلفية) مــن الجزيرة، حيــث تتحطم على الرؤوس الصخرية.

تداخل الأمواج وانعكاساتها

بعيــدا في البحر من النادر وجود تضخم واحد أو مجموعة وحيدة من الأمواج. يمكن للرياح الســائدة والعواصف والظروف المحليــة أن تدفع تضخمات وموجات عــدة، تأتي من اتجاهات مختلفة بأطوال موجــات مختلفة. عندما يلتقي تضخمان أو أكــثر في المحيط، فإنهما يندمجــان في عملية تُدعى التداخــل (interference). تســتطيع الأمواج أن تمر بعضها عبر بعض من دون أن تتشــوه، لكن عندما تلتقي موجتان فإن انزياحات الأمواج المتداخلة تجتمع بعضها مع بعض. في الشكل (148) أبين نوعين من التداخل. في إحدى الحالتين يدعى تداخلا بناءً (الشــكل 148، يسارا) حيث تضاف قمة موجة إلى قمة موجة أخرى، وبالمثل يضاف القعران، مولدا موجة مركبة بارتفاع أكبر من ارتفاع أي من الموجتين.



الشــكل (148): تداخل بنــاء عندما تضاف قمة إلى قمة أخــرى. التداخل المخرب ينجم عندما تضاف قمة إلى قعر.

في حالة التداخل المخرب (الشكل 148 - يمينا) تضاف قمة موجة إلى قعر موجة أخــرى خالقــة ارتفاعا كليا أقــل للموجة المركبة من ارتفاع أي مــن الموجتين. بينما يظهــر الشــكل (148) اضطرابا في اتجاه واحد فإن أمــواج المحيط هي في الحقيقة ثنائية البعد وتنتقل باتجاهات مختلفة. بعيدا في البحر، يمكن للتضخمات المدفوعة

بعاصفتين مختلفتين أن تعبر الممرات عند زاوية معينة منتجة ما يدعوه البحارة أحيانا ببحر مضطرب والذي يبدو أنه من دون نمط محدد.

عندما تصادف سلسلة من الأمواج جرفا حادا يمتد في أعماق البحر فإنها تنعكس بدلا من أن تتحطم كما ذكر سابقا. تشبه حركة الأمواج وهي تنعكس كثيرا عملية انعكاس الضوء من مرآة. لو ضربت أشعة الجرف عند زاوية معينة، فإن الزاوية المرتدة تكون مساوية لها، لكنها فقط تنحرف من اليسار إلى اليمين. يخلق تداخل الأمواج القادمة مع الأمواج المرتدة من جرف حاد بزاوية بحرا مضطربا.

الملاحة بالأمواج

يمكن أن تعلن اليابسة وجودها من مسافة معتبرة في البحر من خلال تأثيرها في الأمواج. يمكن للتضخمات أن تنعكس من الشواطئ، وتتكسر حول مناطق أقل عمقا. يُدعى استخدام أنماط الأمواج للملاحة أحيانا بالملاحة بالأمواج (wave piloting). يمكن لملاحي المحيط الهادئ أن يستخدموا أحيانا الإحساس بميل القارب على الأمواج كطريقة لتمييز أنماط من الأمواج تساعدهم في التوجه إلى اليابسة. وثقت الملاحة بالأمواج لدى الملاحين المحليين من جزيرة توماكو وكيريباتي (جزر غيلبرت سابقا) وأرخبيل تونغا وتيكوبيا وجزر مارشال[(4)، (5)، (6)]. ربما وجد أكثر أنظمة الملاحة بالأمواج تطورا في جزر مارشال حيث استخدمت تمثيلات دعيت بخرائط العصا (Stick Charts) لتعليم الملاحين كيفية العثور على اليابسة باستخدام أنماط الأمواج.

تبدأ الملاحة بالأمواج من معرفة عميقة بأنماط التضخم. تنتج التضخمات المسيطرة نفسها من أنماط الرياح المؤثرة فيها. تختبر بعض تجمع الجزر مثل جزر غيلبرت تضخمات لرياح تجارية من الشرق خلال فصول معينة. يمكن للعواصف البعيدة أن تنتج تضخمات من اتجاهات مختلفة. على سبيل المثال ناتج عاصفة قوية في شمال المحيط الهادئ.

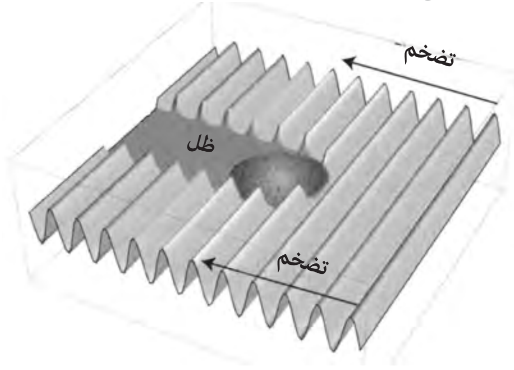
بينما تكون أنماط التضخمات فصلية غالبا، بيد أن بعضها موثوق على مدار السنة. يخلق المحيط الجنوبي بمنطقة التلامس العالمية تضخما من الجنوب الغربي الذي يخترق معظم المحيط الهادئ شمالا حتى هاواي وهو معروف جيدا. يدعو

الملاح آبيرا من كيريباتي هذا التضخم بـ (nao bangaki)[7]. يقتبس ديفيد لويس آبيرا حول خصائص هذا التضخم: «إنه ضخم وطويل ومنخفض ولا يتحطم، وهو مستقل عن الرياح التجارية. لو كنت في قارب متجه من أوناتاو إلى تابيتويا (تقريبا شمال – شمال غرب) تشعر بأنه على شكل جرف بطيء يدفع القارب قليلا من جهة اليسار. يمكن اكتشاف هذا المد فوق البحار كلها»[8].

حتى في حال غياب اليابسة، تقدم التضخمات بوصلة طبيعية يمكنها أن تضاف إلى بوصلة النجوم وبوصلة الرياح لاستخدامها في الملاحة. على الرغم من أن النجوم والرياح والتضخمات كلها تظهر اختلافات فصلية قابلة للتنبؤ فإن مجموع هذه المؤشرات الثلاثة يمكنه أن يشكل صورة متسقة للملاح. في الكثير من الأوصاف حول استخدام التضخم في الملاحة، يشعر ملاحو المحيط الهادئ بتأثير التضخم في حركة القارب بدلا من استخدام إشارات مرئية.

تؤثر اليابسة في التضخمات بثلاث طرق. أولا عندما تدخل الأمواج مياها ضحلة، وتتحطم على الشاطئ، يمتص التضخم، ويتشكل نوع من «ظل تضخم» على الجانب الآخر من الجزيرة. ثانيا مع انعكاس الأمواج من الشاطئ، تتداخل الأمواج المرتدة مع الأمواج القادمة، مما يخلق نمطا مميزا. لكن الأمواج المرتدة تكون غالبا ضعيفة، حيث إنها فقدت معظم طاقتها بالتحطم على الشاطئ. ثالثا مع انكسار الأمواج حول جزيرة ما، يظهر الجانب الخلفي بحرا متقاطعا حيث تتداخل التضخمات المنكسرة من طرفي الجزيرة بعضها مع بعض.

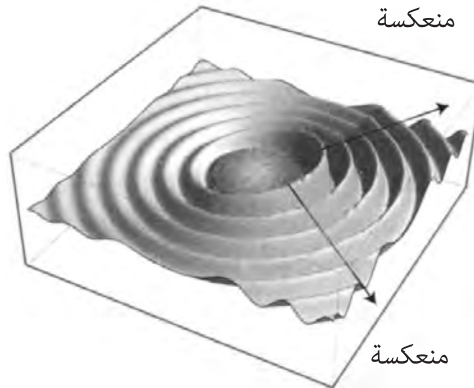
يظهر الشكل (149) ظل تضخم في الحالة القصوى لجزيرة بمياه عميقة شديدة الانحدار. الجزيرة مع ذلك ضحلة بما يكفي عند السطح، بحيث تخمد الأمواج المتحطمة التضخمين على الطرف المكشوف من الجزيرة. يعيق الانخفاض العميق انكسار التضخمين حول أي طرف من الجزيرة. يعرف الملاح أنه بالقرب من جزيرة أو تجمع جزر عندما ينخفض التضخم المسيطر. لو كانت الجزيرة معروفة، يمكن استخدام ظل التضخم لتأسيس خط موقع.



الشكل (149): جزيرة حيث يمكن لتحطم الأمواج على الشاطئ أن يخلق ظل تضخم على طرفها الخلفي.

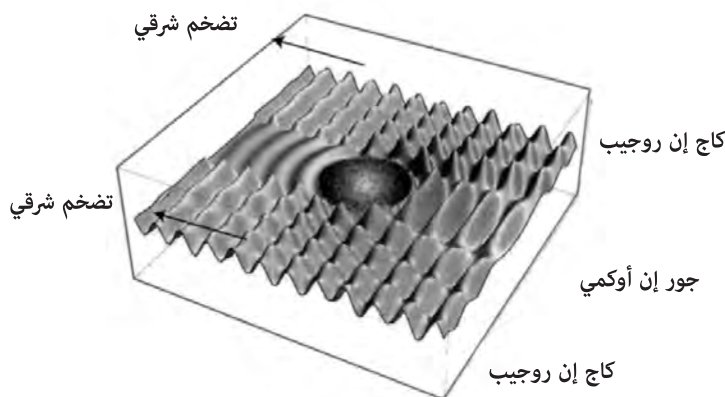
عندما كان القبطان جيمس كوك يبحر في المحيط الهادئ في العام 1773، يشير سجله عدة مرات إلى شدة تضخمات المحيط واتجاهاتها. استخدم مرارا وجود تضخم أو عدم وجوده ليستنتج ما إذا كان بالقرب من اليابسة أم لا. كان يرهب، بحق، أرخبيل توموتو في المحيط الهادئ، والذي يُدعى غالبا «الأرخبيل الخطير» بسبب حطام الكثير من السفن هناك. بينما كان يحاول العثور على ممر خلال تواموتوس لاحظ أن البحر هادئ، وتابع بأقصى ما يمكن من الحذر. في النهاية عندما ارتد تضخم هائل من الجنوب، استنتج أنه قد تجاوز الأرخبيل بأمان، وأنه أصبح خارج منطقة الخطر[9].

يمكن أن تقدم انعكاسات الأمواج من الجزر دلائل على وجودها. عندما يرتد التضخم من شاطئ مكشوف لجزيرة ما، فإنه يخلق نمطا إشعاعيا من الأمواج. ترتد أعلى ارتفاعات الأمواج إلى التضخم الرئيس، كما في الشكل (150). تتناقص ارتفاعات الأمواج المنعكسة مع المسافة، لكن من الممكن اكتشافها من بُعد ثلاثين ميلا بحريا تقريبا.



الشكل (150): نموذج الأمواج المنعكسة من جزيرة.

لــو طُبق نمــوذج التضخم القــادم وظل الموجــة في الشــكل (149) مع نموذج التضخم المنعكس في الشــكل (150)، تكون النتيجة هي النموذج الموضح في الشكل (151). ينشــأ هــذا النموذج من تداخل قمة مع قمة خالقــا اضطرابا ضخما، ومن تداخــل قمة مع قعر خالقــا اضطرابا صغيرا. حيث تكــون للتضخم المنعكس قمم موازية في معظمها للتضخم القادم، يكون النموذج الناتج ناعما (Smooth) نســبيا. في الشــكل (151) يوصــف التضخم القادم بأنه آتٍ من الــشرق، كما قد يكون هو الحال في منطقة وفصل تســيطر فيهما الرياح التجارية. المنطقة الناعمة هي بشكل رئيس باتجاه الشرق. إلى الشــمال الشرقــي والجنوب الشرقي يتحرك التضخم المرتد بزاويــة 45 درجة تقريبا بالنســبة إلى التضخم القادم، ويخلق مجموعةً من الأمواج على شكل أهرام، وبحرا مضطربا إلى حد ما. بما أن الموجة المرتدة تنتشر على مسافة واسعة فإن التداخل يخمد في النهاية.



الشكل (151): نموذج تداخل الأمواج حول جزيرة دائرية. التضخم الرئيس يأتي من الشرق.

بتفحص دقيق للشكل (151) في منطقة الأمواج الهرمية الشكل إلى الجنوب الشرقي والشــمال الغربي، ربما يميز القارئ الحصيف نموذجا تشــكل فيه قمم الأهرام نوعا من الخط المنحني يشــير نحو اليابســة. من حيث المبدأ لو اســتطاع ملاح تمييز خط أمواج هرمي القمة يمكنه استخدامه كطريقة للعثور على اليابسة على مسافة ما في البحر.

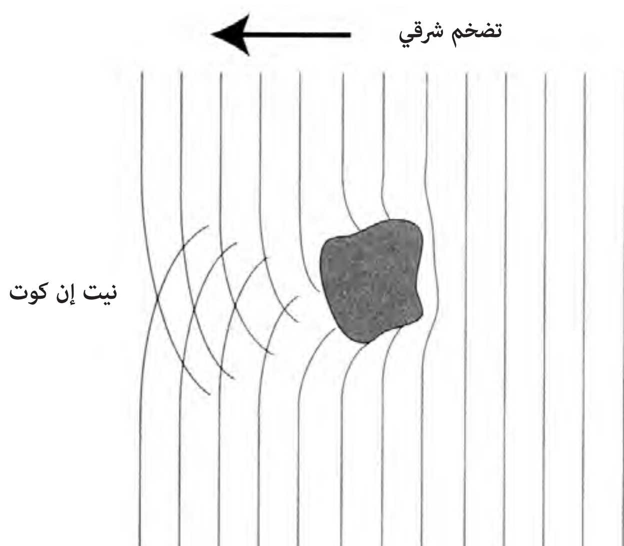
أجرى جوزف غينز دراسة حديثة عن الملاحة بالأمواج في جزر مارشال كجزء من رسالة الدكتوراه في جامعة هاواي. كان مستشاره الرئيس القبطان كورينت جويل من سكان أرخبيل رونغيلاب الأصليين في جزر المارشال. هناك قضية رئيسة في دراسات مخططات الملاحة التقليدية في جزر المحيط الهادئ، وهي مسألة اقتحام الثقافة الأوروبية الغربية. بما أن جزر المارشال معزولة في منتصف المحيط الهادئ كانت المستوطنات الأولى الرئيسة مؤلفة من مركز ألماني لم يؤسس حتى النصف الثاني من القرن التاسع عشر. استولى اليابانيون عليها العام 1914، وأنشأوا نقاطا عسكرية محصَّنة لأغراض دفاعية. بعد السيطرة عليها من قبل الولايات المتحدة في الحرب العالمية الثانية أصبحت جزر مارشال موقعَ اختبارٍ رئيسا للأسلحة النووية للولايات المتحدة. على الرغم من أن الكثير من مهارات الملاحة التقليدية قد نُسيت، غير أن بعض الملاحين الذين تعلموا الطرق التقليدية في صغرهم يحاولون إعادة إحياء الاهتمام بها لدى الأجيال الشابة. اهتم كورينت جويل بحماس بإعادة إحياء المهارات الملاحية لأجداده، وبحث عن التعاون مع علماء الأنثروبولوجيا في جامعة هاواي.

كان عمل جويل الرئيس مع غينز هو توضيح طريقة الملاحة بالأمواج وفهمها. تعطى أسماء معينة لنماذج التداخل بين تضخم قادم وارتداداته في مخطط جزر المارشال. منطقة التداخل الناعم التي تُرى إلى الشرق في المخطط (151) تُدعى «جور إن أوكمي». اشتُق هذا الاسم من مصطلح لعمود يستخدم لالتقاط خبز الفاكهة من الأشجار، وله انحناء على شكل الحرف «V»، يقال إنه يشبه التداخل البناء للتضخم القادم والمنعكس. دعيت المنطقة إلى الشمال الشرقي والجنوب الشرقي بأمواج هرمية كما في الشكل (151) بالعبارة «كاج إن روجيب» والتي هي اسم الصنارة والطعم للسمك الطائر[10].

لاختبار مخططات جويل الملاحية، عمل غينز مع علماء المحيط على استخدام مجموعة من أجهزة العوم الحساسة للأمواج إلى الشرق من جزيرة مرجانية تُدعى آرنو. على الرغم من أن جويل ميَّز التضخم المرتد من الخليج إلى الشرق، فإن أجهزة العوم لم تفعل ذلك(11). كان هذا في منطقة «جور إن أوكمي» في الشكل (151). أجري اختبار آخر لملاحة جويل. بينما كان جويل نائما، أبحر غينز مع طاقم زورق الأبحاث لمسافة خمسة وعشرين ميلا بحريا إلى الجنوب الشرقي من آرنو بعيدا

عن رؤية اليابسة. عندما استيقظ جويل طلب غينز منه أن يعثر على الطريق إلى أرنو بناء على ما يراه من نمط الأمواج. اكتشف جويل الـ «كاج إن روجيب»، ووجه الطاقم باتجاه الشمال الغربي نحو آرنو[12].

ينتج نمط آخر للأمواج يشير إلى اليابسة عندما تنكسر الأمواج حول الجزر منتجة تضخمات متقاطعة (crossing swells) على الطرف الآخر من الجزيرة. يوضح الشكل (152) هذا في حالة مد شرقي ينكسر حول جزيرة حيث أبين التضخمات المتقاطعة على الطرف الغربي أو (الخلفي). يمكن لمنطقة التضخمات المتقاطعة هذه أن تنتج أمواجا هرمية الشكل أيضا، وأن تخلق بحرا مضطربا. على النقيض من التضخم المرتد الضعيف أحيانا، فإن التضخم المنحرف من الطرف الخلفي لجزيرة ما يمكن تمييزه بشكل واضح حتى بالنسبة إلى الغربيين، وغالبا ما يظهر في صور الأقمار الفضائية. يدعو جويل هذا النمط من التضخمات المتقاطعة «نيت إن كوت»، وهو اسم قفص صغير لالتقاط الطيور. يقال إن أسلاك القفص المتقاطعة تشبه الأنماط المتقاطعة للتضخمات عند الطرف الخلفي من الجزيرة[13].



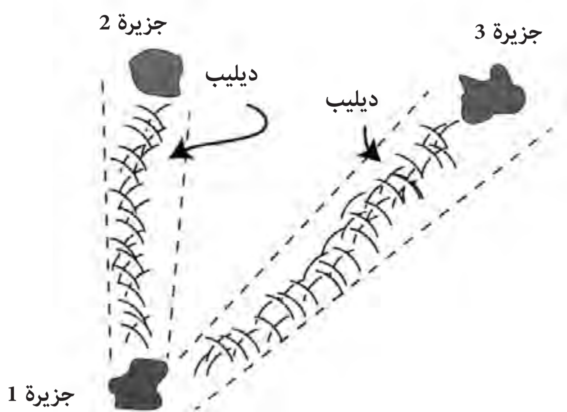
(الشكل 152): الانكسار (أو الانحراف) حول جزيرة.

تفســير جويل لظاهرة «نيت إن كوت» لغينز له ناحية غريبة. بدلا من الإشارة إلى التضخمــين المتقاطعين على أنهما تحولان ناجمان عن انحراف التضخم الشرقي، يدعوهما جويل بتضخمين «شــمالي» و«جنوبي»[14]. بمعنى مــا فإن الاتجاه المباشر للتضخم هو الذي يعطيه اسمه بغض النظر عن خلفيته.

أحــد أكــثر المبادئ طرافــة في الملاحة بالأمواج لجزر مارشــال هــو «الديليب» (dilep). يعني هذا المصطلح «العمود الفقري»، ويكتب أحيانا دريليب أو ريليب. يلفظ الحرف الســاكن الأول على شــكل «ر» مدحرجة. الديليب عبارة عن مســار موجة يمتد بين جزيرتين. خلال عمل غينز في جزر مارشال شرح خبيران هما كورينت جويل (القبطان كورينت) وتوماس بوكين موضوع «الديليب». بالنســبة إليهما فهي منطقــة تتراكم فيها الأمواج خلال مــا يبدو أنه تداخل بناء لتضخمين متعاكســين. عندمــا يبحر بحــار من جزيرة إلى أخــرى، فإنه يحدد الاتجــاه أولا، ثم يبحث عن الديليــب (التضخم الممتد) الذي يصــل بين الجزيرتين. هذا الديليب عبارة عن ممر بأمــواج مضطربة. تعبر الكلمة بــوج «booj» أو «عقدة» عن الموجة المصنوعة من التداخــل البناء لتضخمين. الديليب في الحقيقــة ممر مؤلف من عدد من البوجات أو العقد[15].

في الشــكل (153) أحاول أن أعثر على تفســير للمبدأ كما شرحه جويل وبوكين لغينز. هناك ديليبان (تضخمان) في الشــكل، أحدهــما يربط الجزيرة (1) بالجزيرة (2)، والثــاني يربط الجزيرة (1) بالجزيرة (3). هدف الملاح هو الاســتمرار على هذا المســار. مادام القــارب بقي على الديليب، فإنه يتحرك بحركــة تناظرية تحت تأثير الأمواج. لو أنه انحرف إلى طرف أو آخر، فســوف يشــعر بقوة من أحد التضخمين أقوى من الآخر، وســيظهر هذا على شــكل حركة اهتزازية غير تناظرية للقارب. فن الملاحة هنا هو في الحفاظ على القارب على المســار الصحيح عن طريق الإحســاس بتأثير الديليب من خلال تصرف القارب.

أعطى اثنان آخران من سكان جزر مارشال الأصليين اللذين قابلهما غينز تفسيرا مختلفا لمنشــأ الديليــب. بدلا من وصفه على أنه نتاج تضخمين متعاكســين، ادّعى المخبران إيســاو إيكنيلانغ وويلي مويكتو أنه ينتج عــن التضخم المرتد من الجزيرة المقصودة[16].



(الشكل 153): ديليب في ملاحة بالأمواج في جزر مارشال.

تـشرح عالمـة الأنثروبولوجيا ماريـان جورج طريقـة للملاحة بالأمـواج تذكر بالديليب في جزر سـانتا كروز في الجنوب الشرقي من جزر سـولومان. كان مصدر معلوماتها ملاحا يُدعى كولوسـو كاهيا كافيا، الذي توفي بعد ذلك. يشير ممر مميز للأمواج إلى مسـار بين جزيرتي تاوماكو ونيفيلـولي. في هذه الحالة يفسر كافيا الممر على أنه ناشئ عن ارتداد التضخم المسيطر من الجزيرة المقصودة، وهذا يشبه كثيرا تفسـير إيكنيلانغ ومويكتو للديليب. كما بالنسـبة إلى ديليب جزر المارشال، تبقى حركـة الزورق متناظرة مادام على المسـار. لكن لو انحرف الملاح عن هذا المسـار، فسـتتغير حركة الزورق. بحسب تفسـير كافيا، لو حاد الزورق عن مساره، فسوف تظهر حركة بيضاوية غير تناظرية، بدلا من الاهتزاز المباشر إلى الأعلى والأسفل وهو على مساره الصحيح[17].

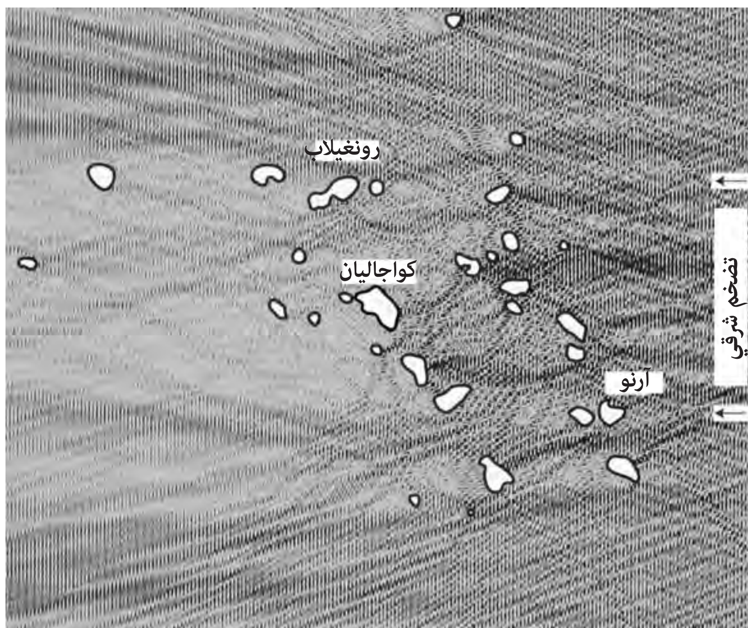
ما الديليب؟ تفسير بوكين وجويل على أنه ناشئ عن تقاطع تضخمين وتصادمهما ليلائـم جيدا فهمنا الغـربي العادي. يوحـي وصفهما بوجود تضخمين متعاكسـين

يوازيان دوما المسار الواصل بين جزيرتين. يفكر الغربيون عادة في التضخم على أنه يأتي من جهة واحدة، وأن أي انعكاس أو انحراف لهذا المد يغيره، بحيث لا يصبح بعد ذلك «التضخم» نفسه. بهذا المعنى الغربي، وبوجود تضخم أو اثنين في منطقة ما، ربما يكون من المستحيل العثور على تضخمين متعاكسين موازيين لمسار الأمواج بين الجزر المتقابلة.

عندما حاول غينز ومساعدوه اكتشاف الدليب على المسار شمال – جنوب الذي بين جزيرتي (atolls) ماجورو وأور بواسطة عوامات الأمواج، استطاعوا العثور على التضخم الشرقي المسيطر، لكنهم لم يجدوا أي أثر لوجود تضخم من جهة الغرب. لكن جويل مع ذلك ادعى أنه شعر بتضخم من جهة الغرب[18]. ربما تصور جويل وبوكين أنماطا تخلق مسارا للموج كنتيجة لتقاطع تضخمين. في وصف جويل للنيت في الكوت، كان وصفه لتضخمين هو وجود تضخم واحد انقسم إلى قسمين، وتغير بفعل الانحراف حول الجزيرة.

في الشكل (154) أبين نتيجة نموذج حاسوبي مبسط جدا لتضخم بحري يأتي من الشرق، ويصل إلى جزر مارشال. يشار في الشكل إلى جزر آرنو وكواجاليان ورونغيلاب. وضعت في النموذج انعكاسات كاملة من الجزر من دون انحراف، ومن دون تمثيل للفقد في الطاقة للتضخمات التي تتحطم على ضفاف الجزر. تمتلك المناطق الأعتم طاقة موجية أكبر، بينما تمتلك المناطق الأفتح طاقة أقل. تبرز بعض الخصائص المميزة. الخاصة الأكثر وضوحا هي ظلال التضخم التي تلقيها الجزر على الطرف الخلفي. يخفي التوجه شمال جنوب الجزر تقريبا التضخم الشرقي على الجانب الغربي من سلسلة الجزر. الخاصة الأكثر غرابة هي تركيز طاقة الأمواج فيما يمكن وصفه على أنه بنية شريطية، والتي غالبا ما تصل كل جزيرتين إحداهما بالأخرى. فيما إذا كانت هذه النماذج من طاقة الأمواج تمثل ما يدعوه البحارة بالدليب يبقى موضع سؤال.

تكون الانعكاسات أضعف من تلك المبينة في الشكل (154) بكثير. يميل التضخم المسيطر والأمواج المحلية المولدة بالرياح إلى أن تطغى على الانعكاسات. على الرغم من ذلك، يشكل التداخل بين التضخم القادم والانعكاسات نماذج مميزة. لو استطاع الملاحون المحليون أن يستخلصوا عقليا مساهمات التضخم المسيطر والأمواج المحلية



الشكل (154): تمثيل لانعكاسات أمواج بحتة في جزر مارشال. هناك تضخم واحد يأتي من الشرق (من اليمين في الشكل). تمثل المناطق الأغمق ازديادا في طاقة الأمواج. ولد هذا باستخدام نسخة معدلة من خزان التموج لبول فالستاد.

المولدة بالرياح، فسيبقى هناك توقيع مميز وحيد نسبيا لحركة الأمواج يتعلق بكل رقعة من المحيط. بالتدريب المناسب والكثير من الخبرة، يمكن للملاح أن يميز هذه النماذج، بينما تبقى عصية على غير المتدرب. لو صحَّ هذا، فإن القدرة البسيطة على اكتشــاف إشــارات ضعيفة ضمن «ضجيج» يفسر غياب بيانات موثقة من عوامات الأمواج في دراسة غينز.

مخططات العصي

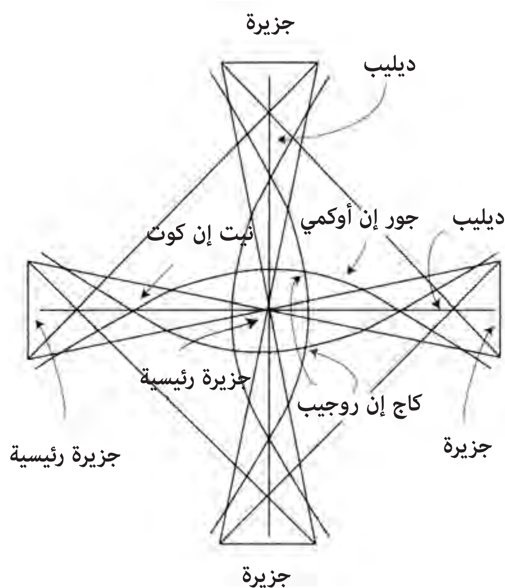
أحد مكونات الملاحة بالأمواج في جزر مارشــال هو استخدام مخططات العصي. تصنع هذه المخططات نموذجيا من عيدان ســعف شــجرة جوز الهند، ومن جذور

البندانـوس، حيث يُربط بعضها مع بعض لتشـكل شـبكة. هناك أنـواع عدة من مخططـات العصي. يسـتخدم أبسـطها كأداة تعليمية تبين كيـف تنعكس الأمواج وتنحرف حول الجزر وتشكل أنماط التداخل. تمثل المخططات الأكثر تعقيدا تجمعات محددة لجزر، وتغير التضخم حول هذه الجزر.

في العـام 1901 نـشر ضابـط بحري ألماني اسـمه القبطان وينكلـر مقالا حول مخططـات العـصي بعنوان «حـول مخططات بحرية اسـتخدمت سـابقا في جزر مارشال»(19). كان مقال وينكلر نتيجة جهوده في تصنيف أنواع مخططات العصي، واسـتخداماتها من عدد من المصادر. تكلم جوزف غينز أيضا عن مخططات العصي في أطروحته للدكتوراه وفي مقال حديث(20)، (21). يبدو أن هناك اختلافات كبيرة في وصف معاني بعض المخططات. وهذا ما يحدث غالبا في شرح تقنيات الملاحة لدى السـكان المحليين. لا توجد كتب تدريسـية تحتوي هذا النوع من المعرفة. بدلا من ذلك تمرر المعلومات شـفهيا من المعلم إلى التلميذ. وربما تختلف الأهمية والتأكيد من ملاح إلى آخر.

يظهر الشـكل (155) صنفا من مخططات العصي يدعى ماتانغ وابيب وميتو. العناصر المشتركة لتفسـير هذا النوع من المخططات هي معنى المركز والنهايات الأربع. يمثل مركز المخطط الجزيرة المقصودة، وتمثل النهايات في الأعلى والأسـفل والجوانـب أربع جزر مجـاورة. إضافة إلى ذلك، يعكس التناظـر الرباعي وجود أربعـة تضخمات تأتي مـن الجهات الأربع الرئيسـة. العصا القطريـة بين الجزر الأربـع المتجاورة هي لغرض البناء فقط. في تفسـير وينكلـر ووصف جويل فإن العصا المسـتقيمة التي تصل بـين الجزيرة في المركز والجزر الأربـع المجاورة لها تمثل الديليب. لكن التماثل يتوقف عند هذه النقطة. يبدو أن تفسيرات الأقواس المنحنية وتقاطعاتهـا تحمل معاني عدة، بما في ذلك نيت في كوت ومنطقة «جور إن أوكمي» و«كاج إن روجيب».

للملاحة بالأمواج أشـكال مختلفة تعتمد على الملاحـين والظروف المحلية. ومـع ذلك يبدو أن هناك إسـتراتيجيات منتظمة وراء هذا الفن. ربما أتت هذه العناصر المشـتركة بالملاحظة الدقيقة للعمليات الفيزيائية لحركة الأمواج، وهي تلتقي باليابسة.



الشكل (155): مخطط عصي في جزر المارشال يدعى ماتانغ ووابيبي وميدو. يوضح هذا المخطط التضخم وأنماط الانكسار المتعلقة بعدد من الجزر.

13

سبر الأعماق والمد والجزر

«سـيخبرك معظـم البحـارة بأن أخطر جـزء من الرحلـة هو عند الرسو في الميناء»

للمحيطات أعـماق بعدة أميال وبأشـكال مختلفة. في المقابل، فإن سـطح المحيط متجانس جدا بسبب الطبيعة السائلة للماء. فقط بالقرب من الشـواطئ يخلق الحيد القاري بحارا ضحلة نسـبيا بأعماق تصل إلى مائتي قدم أو أقل. أدّى «المد والجزر» وعمق الماء كلاهما أدوارا مهمة في الرحلات البحرية الأولى حول أوروبا الشـمالية. سمحت خصائص البحار في أوروبا الشمالية بنوع من الملاحة بني على قياس الأعماق. يعثر صيادو الأسـماك غالبا على مسـالكهم بمعاينـة العمق وشـكل قاع البحـر. مع اكتشـاف مصايد إنتاج السمك قرب شـواطئ أمريكا الشمالية انتشرت هذه الطريقة. عندما يعتقد البحارة أنهم قريبون من الرسـو على اليابسة يقيس الطاقم عمق قاع البحر لمعرفة ما إذا كانوا فوق حيد قاري.

سبر العمق (sounding) هو عملية لقياس عمـق قـاع البحر. يشـتق هـذا المصطلح من الكلمة الإنجليزيـة والنوردية القديمة «sund»

وتعني «يسبح». أجريت عملية سبر العمق بواسطة عصا طويلة على نهر النيل في مصر القديمة ربما لتجنب المياه الضحلة. بينما كانت الاستخدامات الأولى لهذه الطريقة بغرض الأمان، يمكن أن تساعد معرفة عمق قاع البحر وشكله في الملاحة.

من السهل قياس عمق قاع البحر: يربط البحَّار ثقلا في نهاية خيط، ثم يلقيه من القارب، ويمد الحبل حتى يصل إلى القاع، حيث يصبح الحبل رخوا. ثم يسترجع البحار الحبل ويقيس القسم المغمور منه بطول ذراعيه المفتوحتين أو بالأغوار أو الفاذوم(*). من حيث المبدأ، يمكن أن يعمل عمق الماء وشكل قاع البحر كنوع من العلامة الفارقة تحت الماء تقوم بتوجيه البحار. حاجج أولي كراملين – بيدرسن مؤسس متحف سفن الفايكنغ في الدنمارك بأن عملية سبر العمق كانت العنصر الأول في الملاحة النوردية في العصور الوسطى[1]. لكن آخرين لا يشاطرونه هذا الرأي مؤكدين أن الرحلات اعتمدت على تقنيات أخرى بشكل رئيس كالإشارات المرئية والتخمين الصائب(2). لكن سبر العمق كان شائعا في المياه الضحلة في بحر الشمال وبحر البلطيق، خصوصا لدى الصيادين الذين كانوا يبحثون عن مصايد منتجة.

في العام 1600 تقريبا طور نظام متجانس لسبر العمق من قبل البريطانيين من أجل الأسطول البحري الملكي. ربطت قطعة من الرصاص دعيت بشكل مناسب «رصاصة» في نهاية حبل. تعاير الرصاصة بحيث يكون وزنها سبعة أرطال (نصف صخرة) ويكون أسفلها مقعرا. تربط قطعة من الشحم أو شمع النحل في القسم المجوف في أسفل الرصاصة. عندما ترمى الرصاصة في الماء تلتصق عينة من قاع البحر بالشحم، ويفحص الملاحون العينة المسحوبة. بالنسبة إلى غير الخبراء قد يبدو هذا عملا أشبه بالسحر، يقوم البحارة بفحص بعض أسوأ المواد من قاع البحر وشمها وتذوقها للتعرف على موقعهم. استخدم الصياديون أيضا هذه الطريقة للعثور على أماكن صيدهم المفضلة.

رافقت عملية أخذ عينة من قاع البحر ثقافة الإبحار البريطانية إلى أمريكا الشمالية. هناك قصة خرافية تقص بعدد من النسخ حول قبطان عجوز امتلك على ما يبدو قوى خارقة باستخدام تقنية سبر العمق. أقص فيما يلي نسختي المختصرة منها:

> كان القبطان العجوز ماهرا جدا باستخدام الحبل لمعرفة موقعه، لكن
> العديد من البحارة الشباب اعتقدوا أنه يلفق مهارته. في إحدى الرحلات

(*) Fathom: الغور مقياس لعمق المياه يعادل 6 أقدام. [المترجم].

لأماكن الصيد، رقد القبطان في فراشــه جراء نوبة من الروماتزم، وكان عليه أن يــصرخ بالأوامر لزميله الأول من قمرتــه. بعد رحلة صيد ناجحة أعطى القبطان أوامره لزميله الأول للعودة إلى نانتوكيت. صرخ: «الآن أبحر شمالا عن طريق الشــمال الغربي وعندما تصل إلى الشاطئ ألقِ الرصاصة وأحضر لي العينة». أعطى الزميل الأول أوامره لطاقم الســفينة، واتبع بصدق اتجاه البوصلــة. هبط ضباب كثيــف، وتابع الزميل إبحاره بحذر. وعند ســماعه الأمــواج تتحطم على شــاطئ قريب ظن أنه نانتوكيت، لــذا أنزل أشرعته، وأرسى مرساته وبدأ بسبر العمق.

في رحلــة العودة قرر بعض البحارة أن يمازحوا القبطان العجوز. أقنعوا زميلهم بأن يســايرهم. بدلا من إلقاء الرصاصة واســترجاع عينة القاع على الشــحم، أخذ بعض الرمل من صندوق الطبخ، وفركه فوق الشحم ثم بلل الرصاصة ليجعلها تبدو كجهاز حقيقي لسبر العمق.

أخذ الزميل الأول رصاصة ســبر العمق المزيفة إلى القبطان. نظر الرجل العجوز إليها أولا ببعض التركيز ثم شمها ثم رطب إصبعه والتقط عينة من الرمل والشحم وتذوقها. بدت عليه الحيرة، لذا فقد تذوقها مرة أخرى. أخيرا التفت إلى الزميل الأول وقال له: «حســنا لدي أخبار طيبة وأخرى ســيئة. الأخبار الطيبة هي أنك قدت الســفينة شمالا وإلى الشمال الغربي مستقيما كالســهم، لذا أهنئك على مهارتك في الملاحة. لكن الأخبار الســيئة هي أنه منذ ذهابنا فقد غرقت نانتوكيت تحت الماء، ونحن الآن فوق سكونســيت مباشرة (سكونسيت هي بلدة في نانتوكيت)».

أنشــأت البحرية الملكية البريطانية معيارا لتدريج خطوط الرصاص. نسجت مع الحبل علامات بألوان مختلفة ترمز إلى العمق. ربط جلد أسود عند 2 إلى 3 فاذوم. والأبيــض عنــد 5، والأحمر عند 7، والأســود عند 10، ثم ربطــت عقد كل 5 فاذوم لأعماق أكبر. بعد استرجاع الرصاصة يقوم المكلف بالعملية بتسجيل العبارة «بحسب العلامة» أو «بالعمق» ثم يتبعها بالعمق بالفاذوم. لذا بـ «العلامة خمســة» يسجل عمقا قدره خمسة فاذوم. كانت هذه المصطلحات شائعة في الولايات المتحدة أيضا. أخذ المؤلف الأمريكي صامويل كليمنس اسمه الكتابي المستعار من هذه العبارة بناء على خبرته كملاح على متن سفن المسيسيبي البخارية. فـ «العلامة اثنان» أو «مارك توين» هي تسجيل لعمق يبلغ 2 فاذوم.

المد والجزر عبر التاريخ

لم يكن المد والجزر مهمين نسبيا في البحر الأبيض المتوسط بالنسبة إلى اليونانيين والرومـــان القدمـــاء. لكن البحارة الذيـــن غامروا إلى بحر الشـــمال أو بحر البلطيق دهشوا بقوة المد والجزر. وفق بليني الأكبر لاحظ بيثياس من ماسيليا (مرسيليا الآن) مدا مجاله 80 cubits (أكثر من مائة قدم) في رحلة قام بها إلى بريطانيا العظمى في العام 325 ق. م. تقريبا[3]. ربما كان في هذا مبالغة من قبل بليني وبيثياس أو كليهما حيـــث إن مجالات بحدود 15 قدما معروفة في بحر الشـــمال. عُزي إلى بيثياس أيضا أنه أول من سجل تأثير القمر في المد والجزر[4].

تعجـــب الكتاب في العصور الوســـطى من وجود علاقة بـــين القمر وأوقات المد والجـــزر[5]. في بعض الموانئ يحصل المد المرتفع عندما يكون القمر فوق أعلى الرأس مبـــاشرة، وفي ميناء آخـــر يتطابق المد المرتفـــع مع بزوغ القمـــر. تضمنت الأطالس البحريـــة من القرن الرابع عشر وما بعـــده جداول للمد والجزر تربط ارتفاع المد في مرافئ ومصبات أنهار معروفة بموقع القمر في السماء.

تحتوي أشـــعار إيـــدا (prose edda)، وهـــي مجموعة حكايـــات نوردية من القرن الثالث عشر، مقطعا حول منشـــأ المد والجزر. تحدى العملاق أوتغاردا لوكي الإله ثور في مســـابقة لشرب الخمر. ومن دون علم ثور، يصل أوتغـــاردا لوكي قرن شرابه إلى المحيط، ويخـــبر ثور بأن عليـــه أن يشرب محتوى القـــرن في جرعة واحدة. يـــشرب ثور ويشرب ويشرب لكنه بالكاد اســـتطاع خفض مستوى الماء في القرن. يستهزئ أوتغاردا لوكي بثور، الـــذي يحاول مرة أخرى بقوة أكبر لكنه لا يســـحب من القرن إلا القليل جدا. عند هذه المرحلة يستسلم ثور. في اليوم التالي يظهر أوتغاردا لوكي الحيلة التي دبرها لثور، ويشرح أن هذا هو سبب المد والجزر. فيما تبدو القصة خيالية فإن لها شذرة ممتعة من التبصر: الاختلاف في مستوى سطح البحر بين المد والجزر صغير بالمقارنة مع عمق المحيط.

كانت تفســـيرات المد والجزر قبل تطوير إســـحق نيوتن لنظريتـــه في الجاذبية مشـــتتة. فهم يوهانس كيبلـــر أن هناك صلة ما بين المد والقمـــر. حاول غاليليو أن يشرح المد على أنه نتيجة لدوران الأرض حول نفسها مع دورانها حول الشمس. كان هذا ســـيفسر حدوث مد مرتفع واحد في اليوم، لكـــن هناك مناطق كثيرة في أوروبا يحدث فيها مدان في اليوم الواحد.

تفسير المد والجزر

نشر إسـحق نيوتن عمله الشهير «مبادئ الرياضيات» لأول مرة في العام 1687. بعد العمل السـابق لكوبرنيكوس وكيبلر حول نظام شـمسي يتمركز حول الشمس، كان هنـاك الكثير من التخمين حـول طبيعة القوى التي تؤثر في الشـمس والقمر والكواكب. تصور نيوتن أن القوى السـماوية متعلقة بالجاذبية التي يشعر بها على الأرض. طـور قانون الجاذبية العامة، وهو المبدأ الـذي يقول إن هناك قوة واحدة مسؤولة عن التجاذب بالجاذبية كله.

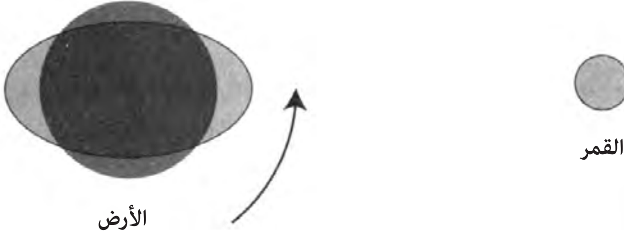
في كتابـه «المبادئ» حلـل نيوتن أصل المد وفق الجاذبيـة. وفق نيوتن، تنتشر خطوط قـوة الجاذبية في الفضاء من مصدرها في الأجسـام الضخمة. عندما تنتشر هذه الخطوط عبر كرة كالأرض، فإنها تخلق قوى مد إضافة إلى قوة الجاذبية. تدعى هذه النظرية غالبا بـ «النظرية السـاكنة» للمد والجزر. يظهر الشـكل (156) قوى المد على الأرض الناجمة عن القمر. يظهر هذا النموذج عندما يطرح المرء متوسـط قوة الجاذبية على سطح الأرض من الاختلافات الناجمة عن خطوط الحقل المنتشرة. هذه عبارة عن قوى مد تدفع بعيدا من مركز الأرض إلى مسار يصل القمر بالأرض. وهناك قوى مد تدفع باتجاه مركز الأرض عمودية على محور القمر الأرض.



الشكل (156): قوى مد على سطح الأرض ناتجة عن سحب جاذبية القمر المتوزعة عبر الأرض.

تخلق قوى المد الموضحة في الشـكل (156) انتفاخا يشير نحو القمر وآخر بعيدا عنه (الشـكل 157). مع دوران الأرض بهذا الانتفاخ، فإنها تختبر مدات عالية وأخرى منخفضـة في مناطق مختلفة. الارتفاع المتوسـط للانتفاخ هو بحـدود قدم واحدة

موزعة على عشرة آلاف ميل. ليســت اليابســة محصنة ضد قوى المد، وسوف تظهر أيضا تأثير الانتفاخ العابر. لا يلاحظ هذا الانتفاخ بشكل عام لأن سطح الأرض بكامله يتحرك إلى الأعلى والأسفل تحت تأثير الانتفاخ، ولا يمكن تمييز سوى اختلافات بسيطة.



الشكل (157): انتفاخ مدي ناجم عن قوى المد.

مــن حين إلى آخر يلاحظ تأثـير مميز للتغير عــلى الأرض. في الثمانينيات أظهر مــسرع دوراني دقيق جدا محيطه ســبعة وعــشرون كيلومترا في جنيف بســويسرا انزياحــا في طاقته ربط بموقع القمر. بعد بعض التحريات أدرك فيزيائيو المسرع أن انتفاخ المد من القمر شــوه شــكل حلقة المسرع في كل مرة مر بها(6). يصبح التأثير الحقيقــي للمدات ظاهرا فقــط عندما يكون هناك اختــلاف في انزياحات محلية. المحيطات بما أنها ســوائل تتشوه بسرعة أكبر من اليابسة. وتكون الاختلافات في المد أوضح ما تكون عندما تلتقي المحيطات والبحار باليابسة.

الانتفــاخ المدي في الواقــع عبارة عن موجة طويلة. عندما يمــر الانتفاخ عبر محيط عميــق، لا يلاحظ التأثير، لكنه عندما يرتطــم بالمياه الضحلة المحيطة بالقارات يمكن أن يصبح حجم المد كبيرا، مع تراكم الانتفاخ المدي مثل أي موجة تصادف مياها ضحلة. هنا يكون الاختلاف في الانزياح بين اليابسة والماء تحت تأثير الانتفاخ المدي أكبر ما يكون.

تفرض الشــمس قوة جذب على الأرض أقوى من القمر، ومــع ذلك ينتج القمر مدا أقوى من الشــمس. ربما يتســاءل القارئ عن الســبب وراء ذلك. بما أن القمر أقرب إلى الأرض من الشــمس بكثير، تنتشر خطوط قوة الجاذبية من القمر بشكل أكبر فوق سطح الأرض منتجــة قوى مد أقوى. يؤكد هذا التفســير من نيوتن خــبرة البحارة الذين ربطوا القمر بالمد. لا يعني هذا أنه ليس للشمس أي تأثير على الإطلاق. يمكن للمد الشمسي أن يندمج بالمد القمري ليخلقا مدا أضخم، أو يلغي أحدهما الآخر جزئيا لينتجا مدا أصغر.

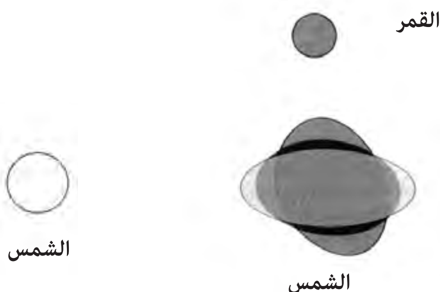
بالنســبة إلى قمر جديد أو كامل، تكون قوى المد للشــمس والقمر على المنحى نفسه (الشكل 158، أعلى) خالقة أضخم المدات التي تدعى مدات نبضية (spring tides). يرمز لهذا الاصطفاف بـ syzygy. بالنسبة إلى نصف بدر تلغي القوى المنتجة للمد من انتفاخات الشــمس والقمر بعضها بعضا جزئيا، مما يقلص من حجم المد. لايــزال القمر هو الأكــثر تأثيرا، لكن حجم المد يتناقــص. تدعى هذه المدات مدات منخفضة (neap tides)، عندما تكون الشــمس والقمــر على منحى يدعى التربيع (quadrature) (الشكل 158، أسفل).

إحدى أغرب صفات المد والجزر هي الاختلاف العشــوائي الظاهر في ارتفاع المد وتوقيته من جسم معين من الماء إلى آخر. فجسم من الماء مغلق تماما كبحر قزوين لا يشهد مدا على الإطلاق. من جهة أخرى يمكن لجسم من الماء مفتوح على المحيط ولو جزئيا أن يظهر مدا ضخما أو مدات أصغر وفق حجم الخليج.

مدات فيضية = الاصطفاف



مدات منخفضة = التربيع



الشــكل (158): تحــدث المــدات النبضية عندما تضاف قوى مد الشــمس والقمــر بعضها إلى بعــض. تمثل الأرض بالدائرة الســوداء. الرمادي الأغمق يمثل التشــوه الناجــم عن القمر، بينما يمثل الرمادي الأفتح التشوه الناجم عن الشمس. هذه التمثيلات أعلى من العادية. يحدث المد المنخفض عندما تميل الشمس والقمر للعمل أحدهما ضد الآخر مقلصين مدى المد.

يمكنك التفكير في جسم من الماء محصور جزئيا كجرس يرن بتردد أو شدة مميزين إذا قرعته. لو ضرب شهاب خليجا، فسيحرك الماء جيئة وذهابا بتردد وحيد يعتمد على حجم الخليج. في المتوسط كلما كان الخليج أكبر، انخفضت الشدة أو التردد. يظهر مرفأ صغير هذا النوع من الرنين في ظاهرة تعرف بالاهتزاز المؤقت(*). تحت تأثير الرياح التي تهب على سطح المرفأ، يتحرك الماء جيئة وذهابا. لو أخذت فترة الزمن لزوارق واقفة في المرفأ، يمكنك ملاحظة أنها تصعد وتهبط كل خمس دقائق أو نحو ذلك. كلما كان المرفأ أو حتى البحيرة أكبر، طال وقت حركة الماء جيئة وذهابا، وانخفض التردد الطبيعي لجسم الماء المحصور.

في حالة المد والجزر، يكون الانتفاخ القمري مسؤولا عن اهتزاز الماء في الخليج. هناك تماثل مع الأجهزة الموسيقية لوصف تأثير الانتفاخ القمري في أجسام محصورة جزئيا من الماء. بعض الأجهزة الوترية كالسيتار الهندي له أوتار متعاطفة. تنغم هذه الأوتار حول تردد أو شدة معينة. عندما ينقر موسيقي وترا آخر بالتردد نفسه يهتز الوتر المتعاطف معه وحده، حيث تنتقل الطاقة من الاهتزاز خلال جسم الجهاز.

يمكنك التفكير في الخلجان التي تحد القارات على أنها أوتار متعاطفة ستهتز تحت تأثير انتفاخ قمري عابر. يبدو كأن القمر موسيقي ينقر أنغامه على الأرض كما ينقر الموسيقي على الوتر. إذا كان حجم الخليج «منغَّما» على تردد انتفاخ القمر العابر نفسه، فسيظهر مدا ضخما. وإذا كان أصغر أو أكبر من الحجم المثالي فإنه سيظهر مجالا من المد، لكنه لن يكون بحجم التنغيم التام. يمر الانتفاخ القمري مرة كل 12 ساعة و24 دقيقة.

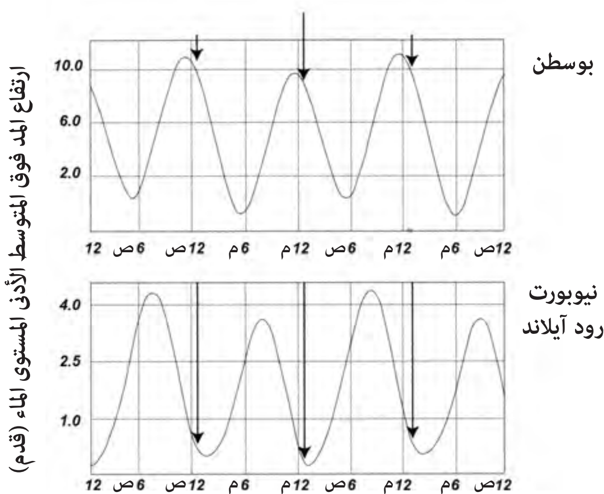
هناك منطقتان لأعلى مد وجزر على الأرض وهما خليج انكوفا في شمال كيوبيك، وخليج فندي في المياه البحرية الكندية. لهذين الخليجين ترددات طبيعية قريبة جدا من تردد مرور الانتفاخ القمري (نحو 12 ساعة ونصف الساعة)[7],[8]. ينتج هذا التأثير الذي يدعى الطنين (resonance) مجالا لمد يبلغ طوله نحو أربعين قدما في هذه الخلجان «المنغمة». في المقابل، فإن نانتوكيت ساوند إلى الجنوب مباشرة من كيب كود في ماساتشوستس أصغر بكثير من خليج فندي أو انغافا، وله تردد طبيعي أعلى. نتيجة لذلك تختبر نانتوكيت ساوند مجالا للمد أخفض بكثير من خمس إلى ثماني أقدام بحسب ما إذا كان المد من النوع النبضي أو النوع المنخفض.

(*) Seiche: اهتزاز مؤقت في مستوى ماء محصور ناجم عن تغير في الضغط الجوي. [المترجم].

توقيت المد

ربما تتوقع بسذاجة أن يكون هناك دوما مد عال عندما يكون القمر فوق الرأس مباشرة، ويكون الانتفاخ أكبر ما يمكن. لكن هذه ليست الحال عادة. تحدث أعلى موجات المد عادة في أوقات أخرى خلال الدورة القمرية، وغالبا ما تتعلق بتوقيت تدفق المياه الداخلة إلى الخليج من المحيط. يدعى الوقت الذي يكون فيه القمر أعلى ما يمكن في السماء «عبور الزوال» أو «انتقال القمر». مع توجه انتفاخ المد نحو القمر وبعيدا عنه من المهم غالبا النظر إلى توقيت المد بالنسبة إلى الانتقال القريب (near transit)، عندما يكون في أعلى نقطة له في السماء، والانتقال البعيد (far transit) عندما يكون معاكسا بـ 180 درجة.

يظهر الشكل (159) توقيت المد في ميناء بوسطن وفي نيوبورت في رود آيلاند نسبة إلى انتقال القمر. يتطابق المد العالي في بوسطن تقريبا مع الانتقال القريب والبعيد للقمر عندما تمر ذروة الانتفاخ.



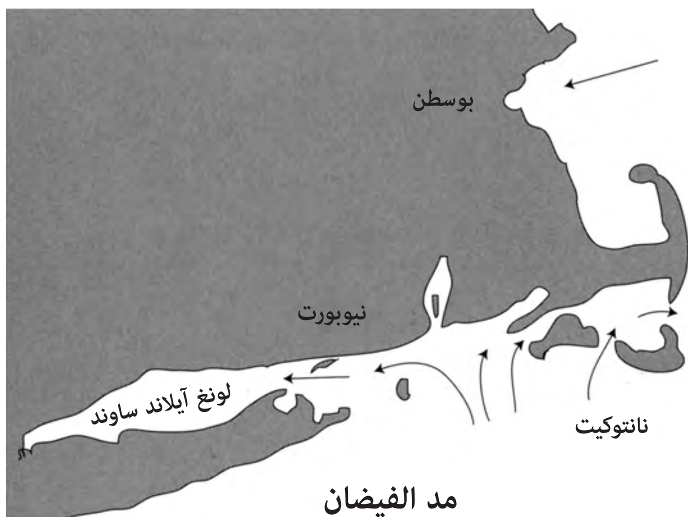
الشكل (159): ارتفاع المد خلال نصف يوم وطوره في كل من بوسطن ونيوبورت مقارنة بزمن انتقال القمر.

بالمقابل يرتبط المد المنخفض في نيوبورت بانتقال القمر. أتت المنحنيات نفسها من بيانات حُصِل عليها من الإدارة الجوية والمحيطية الوطنية في الولايات المتحدة (NOAA).

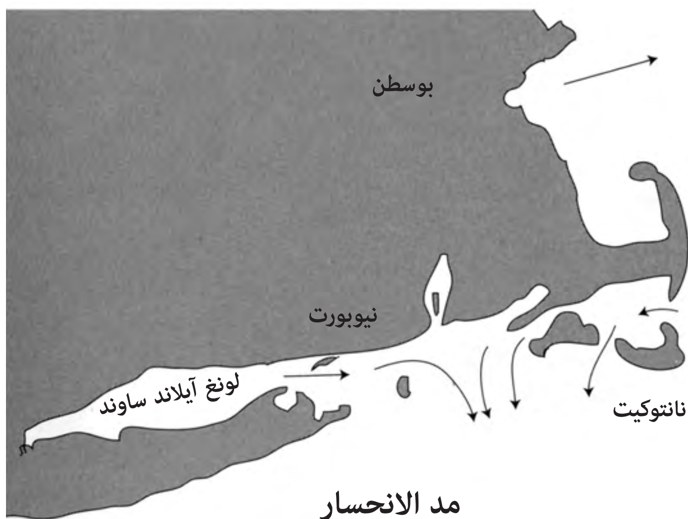
يظهر الشكلان (160) و(161) أنماط تدفق مياه المد حول جنوب نيو إنغلاند. عندما يتقدم مد ما، يُدعى مد الفيضان. وعندما ينحسر يدعى مد الانحسار (الجزر). في الفيضان، تدخل المياه ميناء بوسطن مباشرة من المحيط الأطلسي. تدفق المد أكثر تعقيدا حول نيوبورت من بوسطن. يميل إلى التدفق شمالا نحو نيوبورت، ثم ينقسم إلى الشرق نحو نانتوكيت ساوند من جهة، وإلى الغرب نحو لونغ آيلاند ساوند على الجهة الأخرى. تختلف سرعة التدفق من عقدة إلى أربع عقدات بحيث يكون زمن التأخر في ملء هذه الأحواض كبيرا. يعكس مد الانحسار ببساطة هذا النموذج.

نمط تدفق المياه مسؤول عن الاختلاف في التوقيت بين المد العالي والمنخفض في نيوبورت وبوسطن وانتقال القمر. إحدى النتائج المربكة في أنماط التدفق هذه هي مد انحسار يأتي من المحيط الأطلسي عبر الطرف الجنوب الشرقي من كيب كود، ويفيض عائدا إلى الشرق بحيث يبدو كأنه يعود أدراجه. يمكن أن تكون تيارات المد عالية جدا عند الاختناقات. يوجد أحد هذه الاختناقات مقابل ريس بوينت على الطرف الشمالي من المدخل الضيق إلى لونغ آيلاند ساوند. يُدعى الاختلاف في التوقيت بين الانتقال القمري والمد العالي أحيانا «تأخر المد» (tide lag).

على الشاطئ الشرقي لأمريكا الشمالية، هناك مدان عاليان ومدان منخفضان في يوم مد واحد، تدعيان مدات نصف يومية (semidiurnal). يوم المد (tidal day) هو الوقت الذي يستغرقه القمر للقيام بانتقالين متتالين (نحو 24 ساعة و48 دقيقة). إضافة إلى «دفعة» القمر مرتين في اليوم، هناك عنصر للدفعة يحدث مرة في اليوم. في الشكل (162) رسمت شكلا للأرض والقمر عندما يكون القمر في انحدار عال في مداره (28 درجة) خالقا انفتاحا لا ينطبق على خط الاستواء. مع دوران الأرض تحت تأثير الانتفاخ، فإن خليجا في نصف الكرة الشمالي سيتأثر أكثر من الانتفاخ أثناء انتقال قريب للقمر من انتقال بعيد له. يعطي هذا «دفعة» مد لها عنصر يحدث مرة في يوم مد واحد، إضافة إلى الدفعة نصف اليومية. يكون لبعض

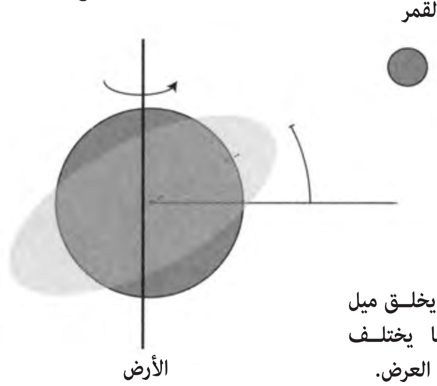


الشكل (160): مد الفيضان في نيوبورت – لونغ آيلاند – نانتوكيت ساوند، وفي ميناء بوسطن.



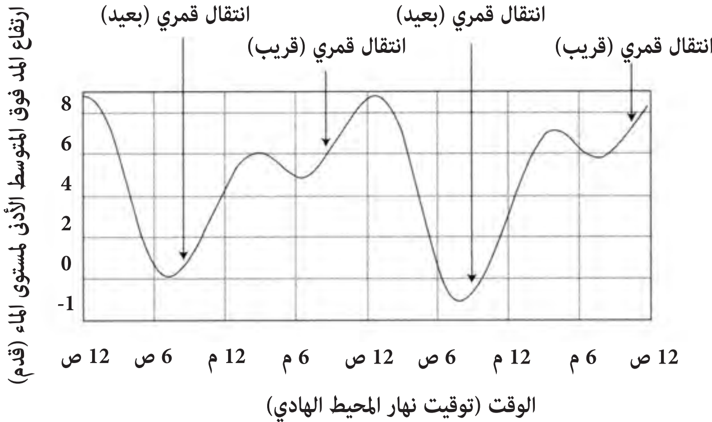
الشكل (161): مد الانحسار (الجزر) في نيوبورت – لونغ آيلاند – نانتوكيت ساوند، وفي ميناء بوسطن.

الخلجان تردد طبيعي بحيث يختبر مدا يوميا واحدا مما يعني أن لها مدا عاليا مرة واحـــدة فقط خلال يوم مــد. هناك أيضا مناطق تختبر مــدا مختلطا، والذي يمتلك مكونات من مد يومي وآخر نصف يومي.



الشــكل (162): يخلــق ميل القمــر انتفاخــا يختلــف باختلاف خط العرض.

تختبر بوكيت ساوند في ولاية واشنطن مدا مختلطا. في الشكل (163) أبين مدات في بورت تاونسند واشــنطن. فوق هذا أشرت إلى الانتقال القمري القريب والبعيد. يحدث الانقلابان كلاهما في الوقت نفسه تقريبا في دورة المد خلال هذه المدة. خلال



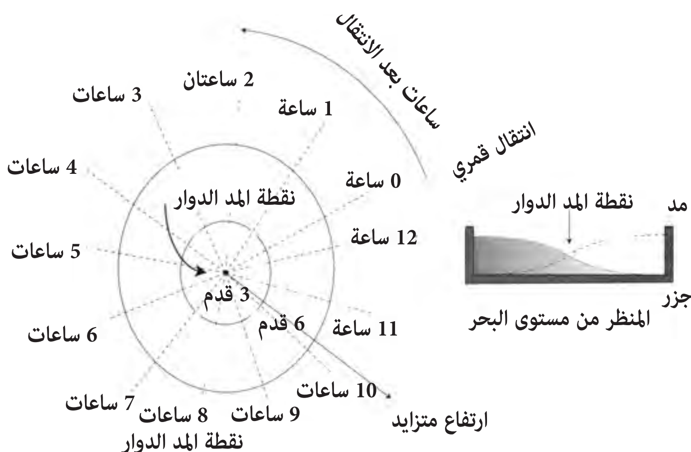
الشــكل (163): مد مختلط في بورت تاونسند، واشــنطن، حيث يظهر الانتقال القريب والبعيد للقمر. للقمر ميل بنحو – 12 درجة خلال هذه الفترة.

شهر قمري يمكن لشكل دورة المد أن تختلف بشكل كبير في بوغيت ساوند.

مدات دوَّارة

تختبر بعض المناطق على الكرة الأرضية مدا دوارا، وهو شائع بشكل خاص في البحار الضحلة في أوروبا الشـمالية. عندما تتدفق تيارات مد فوق مسـافة بعيدة كافية، يبدأ دور تأثير كوريوليس الناجم عن دوران الأرض حول نفسها بالعمل. ركَّب علماء في القرن الثامن عشر النظرية السـاكنة الأصلية لنيوتن مع تأثيرات تدفق السائل، ودوران الكرة الأرضية لتفسـير المدات الدوارة. يحوّل تأثـير كوريوليس التيار في اتجاه يعكس عقارب السـاعة في نصف الكرة الشمالي، بالطريقة نفسها التي تدور فيها العواصف الحلزونية بعكس عقارب السـاعة في إعصـار. في مركز مد دوار هناك نقطـة صفر من تغير المد، تدعى مركز المد الـدوار (amphidromic). يدور المد العالي حول هذه النقطة مرة في الـدورة القمرية المؤلفة من 12 سـاعة و24 دقيقة. يزداد ارتفاع المد كلما ابتعدت عن مركز المد الدوار.

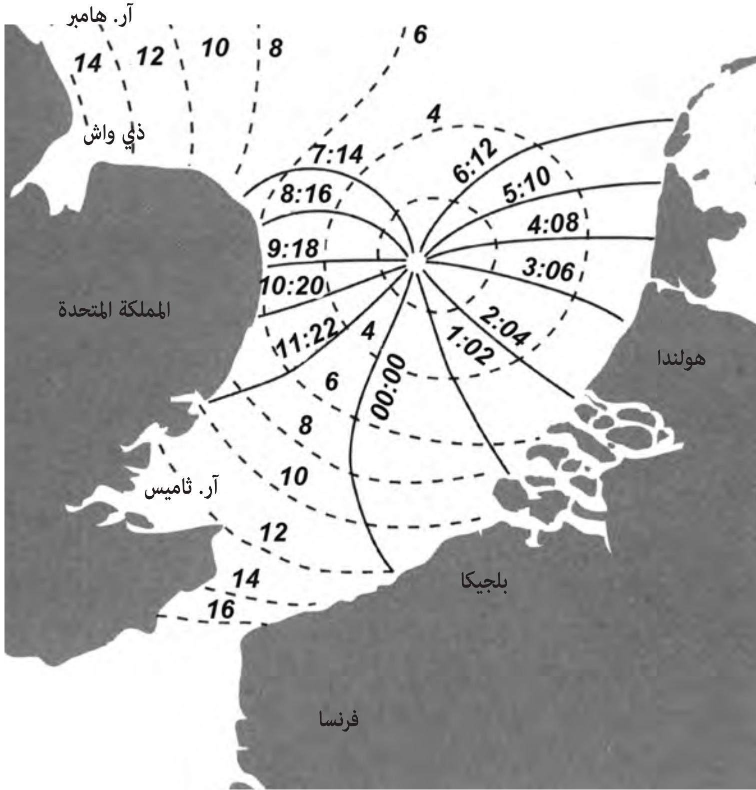
في الشكل (164) أُوضح مدا دوارا. اخترت اعتباطيا زمن البدء صفر ساعة ليتطابق مـع الانتقال القمري المحلي والمد العالي. مع مـرور الوقت يجتاح المد العالي دائرا مثل محاور عجلة دراجة، حيث يؤشر على موقع المد العالي في كل ساعة. على الطرف المقابل لقمة محور المد العالي تجد قمة المد المنخفض. بما أن «عجلة» المد تكمل دورتها خلال



الشكل (164): توضيح لمد دوار. يدور المد الدوار حول مركز ثابت. يزداد مدى المد كلما ابتعد عن المركز.

12 ساعة و48 دقيقة، تكون محصلة زحف المد العالي في كل دورة «48 دقيقة كل يوم».

يُظهر الشكل (165) نظام مد دوار في بحر الشمال بين المملكة المتحدة وفرنسا وبلجيكا وهولندا. يشار إلى خط المد العالي المتعلق بالانتقال القمري بساعة الـ «صفر»، وإلى المدات العالية الأخرى المتتالية بخطوط المد القُطرية. تشير الخطوط المنقطة إلى مدى المد بالأقدام لمنطقة بعيدة عن مركز المد الدوار. يمكن لمدى المد أن يكون كبيرا بحجم 17 قدما في أضيق نقطة من القناة الإنجليزية.



الشكل (165): نظام مد دوار في بحر الشمال. يشار إلى أوقات المد العالي بالخطوط القطرية، وارتفاعات المد بالخط المنقط المحيط بمركز الدوار.

تشكيل المدات

عـــلى الرغم من أن نظريـــة المدات التي طورت من قبل نيوتن ومن تبعه تعمل بشـــكل جيد، فإن تفاصيل قاع البحر وحجم الخلجان تؤثر في أشـــكال المدات في أي مكان على الأرض. تتنبأ التمثيلات الحاســوبية الحديثة التي تشمل قاع البحر تدفق المد بشـــكل جيد. لكن من الأســـهل في كثير من الأحيان تمثيـــل البيانات على نموذج يتضمن معرفة بموقع الشمس والقمر طوال اليوم.

لـــو وصلتَ إلى موقع ما على الســـاحل وأردتَ معرفة المد هنـــاك، يمكنك غالبا الحصـــول عـــلى مخطط للمد من حانـــوت محلي. لكنني من ناحيـــة أخرى أجد أن اكتشاف المد بنفسي يمثل تحديا مفيدا. يستغرق هذا بعض الوقت والصبر، لكنك لو اجتهدتَ على المسألة، فستحصل على شعور بالرضى وبالتواصل مع المحيط.

عندما تصل إلى شـــاطئ لأول مرة، ســـتجد خطوطا من المخلفـــات المرمية على الشـــاطئ بارتفاعـــات مختلفة. غالبا مـــا يملك أعلى مد نبضي خطـــه الخاص به من الخشـــب وأعشاب البحر مكوَمة على الشـــاطئ. ربما ترى أيضا خطوطا أخفض من البقايا المغســـولة على الشاطئ تشـــير إلى موقع المد العالي قريبا من المد المنخفض. من مواقع خطوط هذه المخلفات، يمكنك الحصول على فكرة عن مدى المد المحلي. تعطـــي بنية الميناء أيضا فكرة عن مدى المد. يشـــير مرفأ مصنوع من رصيف ثابت إلى مد بمدى منخفض، بينما يشـــير مرفأ قائم على طوافة عائمة موصولة ببوابة مما يسمح لها بالارتفاع والانخفاض إلى مد ذي مدى مرتفع.

خلال عشر إلى عشرين دقيقة، يمكنك أن تعلم ما إذا كان المد مقبلا أو منحسرا بالنظر إلى الأشـــياء المغمورة بالماء أو التي هي على ســـطحه. لو علمت موقع القمر وطـــوره، خلال اثنتي عشرة ســـاعة، يمكنك معرفة التأخـــر الزمني للمد بمقارنة زمن الانتقـــال القمـــري بزمن المد العالي المحلي. لا تكاد تعـــرف زمن التأخر حتى يمكنك - بتقديـــم زمن المد العالي باثنتي عشرة ســـاعة وأربـــع وعشرين دقيقة لكل دورة - أن تعـــرف توقيت المد العـــالي كل يوم. أخيرا يمكنك معرفة زمـــن المد النبضي والمد المنخفض خلال الشـــهر. لو استخدمت ارتفاع المخلفات المرمية من مد عال كمؤشر، يمكنك حساب طور القمر المتعلق بالمد النبضي الذي يكون عادة حول قمر كامل أو جديد. قد يكون هناك انزياح لعدة أيام لأعلى مد عال، يُدعى «عمر المد».

كيــف خمَّن البحــارة المد قبل اختراع الجداول؟ طبعــت جداول من نوع ما في الأطلســات مع مخططات الموانئ وتعليمات الإبحــار منذ القرن الرابع عشر. بنيت الجــداول على مزيج من المعلومــات المحلية، وأطوار القمر. خمّــن المد العالي من موقع القمر الكامل في الســماء عند أي مرفأ. على ســبيل المثال، يحدث المد العالي في أمســتردام عند قمر كامل بعد 3 ســاعات من انتقاله (خط الزوال). يمكن رؤية هذا أيضا في مخطط المد الدوار في الشــكل (165). بمعرفة مدينة المرفأ وعدد الأيام بعــد القمر الكامل، تعطي الجداول البحار الزمن النســبي بين المد العالي والانتقال القمري. حوفظ على الوقت بزجاجات قياس الساعة على معظم السفن، لذا لا يكاد يعــرف زمن انتقال القمر الكامل، حتــى يتمكن الملاح، من خلال تتبع زمن حدوث المدات باستخدام هذه الجداول، من معرفة التوقيت والتاريخ بشكل تقريبي.

سبر الأعماق مرة أخرى

نحو نهاية القرن الثامن عشر، بدأت معلومات ســبر القاع تظهر في المخططات البحرية مقيســة غالبا بالأقــدام. تظهر المخططات البحرية ســبورا لأعماق البحر بالأقدام (الولايات المتحدة) وبالأمتار (معظم الدول الأخرى). من الضروري بالنسبة إلى مــلاح أن يعلم شــيئا عن قاع البحــر في المياه الضحلــة كي يتجنب الاصطدام بالصخر والغرق.

عمــق المحيط كبير جدا بالمقارنة مع مدى المــد في معظم الأحيان. لكن عندما يكون قاع البحر ضحلا، يجب على صناع المخططات أن يقرروا كيف يمثلون الأعماق على المخطط. هناك العديد من الخيارات. لو اخترنا متوســط مســتوى سطح البحر واعتقدنا أن العمق لصخرة ما هو 12 قدما، وأن أخفض نقطة في جســم الســفينة هو 8 أقدام تحت الماء، فهذا جيد، لكن ماذا لو كان المد منخفضا بقدر غير معلوم؟ سنخاطر بالاصطدام بالصخرة.

هناك مصطلح يســتخدمه صانعو الخرائط البحرية يدعى «المســتوى القياسي للمخطط» (chart datum) يعطي مرجعا قياسيا للأعماق كلها. في الولايات المتحدة تســتعمل إدارة المحيطات والغلاف الجوي الوطنية شيئا يدعى «المستوى الأخفض للميــاه المنخفضة» (MLLW) لمعيار المســتوى والذي هو متوســط أخفض ارتفاع

للماء في كل يوم مد خلال مدة تمتد إلى نحو تسع عشرة سنة. هل أنت في أمان تام باستخدام (MLLW) كمستوى قياسي؟ حسنا ليس تماما. لو كنت في منخفض مد نبضي فإن مستوى الماء سيكون بالتأكيد أخفض من هذا، ويمكن أن تصطدم بصخرة إذا لم تتخذ الاحتياطات اللازمة.

في مخططات المملكة المتحدة وأماكن أخرى، هناك مستويات قياسية تستخدم غالبا وتدعى «أخفض مد فلكي» أو LAT. وهو أخفض مد يمكن التنبؤ به تحت أي ظروف فلكية ممكنة، على الرغم من أنه لا يأخذ بالحسبان تأثير مد العواصف. قد تتساءل: «كيف يمكنك معرفة أخفض مد فلكي؟» ما الظروف التي تتعلق به؟ ليس هناك جواب سهل، لذا يجب أخذ العديد من الاعتبارات بالحسبان.

يحدث المد النبضي عندما يكون القمر والشمس على منحى واحد. لو حدث أن كانا على منحى واحد عندما يكون القمر فوق خط الاستواء، يمكنه أن يحدث مدا نبضيا عاليا جدا. لو تجمعت هذه الأحداث كلها عندما تكون الأرض أقرب ما يمكن إلى الشمس، فسيكون المد أقوى. أخيرا لو حدث هذا كله خلال فترة الاعتدال فسيكون هذا أقوى مد على الإطلاق. الآن قد تتساءل كم مرة تحدث فيها هذه الأمور كلها مجتمعة؟ الجواب: «نادرا جدا». الحقيقة أن هذا الحدث غير عادي بحيث إنه قد يحدث مرة كل ثلاثة آلاف سنة أو ما يقرب من ذلك. هل يستخدم صانعو الخرائط هذه الحالة، مع العلم أن قاع البحر قد يبدو مختلفا بعد ثلاثة آلاف عام؟ لا، هناك جواب عملي أكثر.

قد تذكر من الفصل الثامن أن مدار القمر له فترة تسعة عشر عاما تدعى «الدورة الميتونية» (Metonic). أي الوقت الذي يتغير فيه الميل الأعظمي للقمر خلال طور كامل. باستبعاد القضايا الأعم لنقاط التقدم الأقرب، سيكون هناك وقت في الدورة الميتونية عندما يسهم مدار القمر بالتوافق مع الشمس في حدوث أخفض مد فلكي خلال الدورة. التعريف الفاعل لأخفض مد فلكي هو الانخفاض الذي يمكن التنبؤ به بالنسبة إلى الفترة في الدورة الميتونية المعينة التي يصلح المخطط لها.

سيخبرك معظم البحارة بأن أخطر جزء من الرحلة هو عند الرسو في الميناء. عند الملاحة بالقرب من اليابسة، يدعى فن توجيه السفينة عبر مياه قارية ضحلة نسبيا بالملاحة. تنطوي الملاحة الماهرة على إحساس جيد بأعماق المياه المحلية،

وتوقيــت المد ومجالاته، مع التيارات التي تحدث في دورات مختلفة. هذه العوامل التي نوقشــت سابقا تمارس دورا مهما في الملاحة. وبينما يُحدث المد والجزر تيارات بالقرب من اليابســة، يمكن لتيــارات المحيط الضخمة أن تكــون مهمة للملاحة في البحار العميقة حيث يمكنها أن تدفع سفينة ما مسافة مائة ميل في اليوم. جزء من مهارة المــلاح هي قدرته على تخمين تيارات البحر العميقــة والتكيف معها، والتي يمكن أن تكون متقلبة في بعض الأنحاء من العالم.

14

تيارات ودوامات

«في السـنوات الأخـيرة، أصبحت بعـض الدوامات مكبـات قمامة ضخمة»

عـرف الغربيون تيـارات المحيـط منذ أيام بونك دو ليون، الذي صارع تدفقا قويا في رحلته قرب فلوريدا. في هـذه المياه يجري تيار الخليج شـمالا بسرعة أربعـة أميال في السـاعة تقريبا، وهـي تعادل سرعة سـفينة شراعية أو أسرع. في 8 أبريل 1513، دفعت سـفن دو ليون إلى الوراء وهي تحاول الإبحار جنوبا من شواطئ فلوريدا. أثـار هذا حـيرة دو ليون، الذي كتب في سـجله «تيـار كهذا عـلى الرغم مـن الريـح القوية لا يستطيع الزورق التقدم إلى الأمام بل إلى الخلف، ويبدو أنه يتقدم بصورة جيدة. وفي النهاية أدرك أن التيار كان أقوى من الريح»[1].

كان بنجامـين فرانكلين مسـحورا بالمحيط، وخصوصا بتيـار الخليج. في عدد من رحلاته عبر الأطلسي، كان يمتع نفسـه بأخـذ قراءات لدرجة الحرارة، وتسجيل تقدم سفينته يوميا. وفي النهاية صنع أول خارطة لتيار الخليج (Gulf Stream).

استطاع ملاحو جزر المحيط الهادئ قراءة تيارات المحيط، وإجراء التعديلات الضرورية في رحلاتهم بعيدة المدى. يمكن لرحلة بين جزيرتين أن تمتد لمئات الأميال، وأن تدوم عدة أيام. يمكن لمحصلة تأثير تيار متوسط بسرعة ميل واحد في الساعة، أن تكون ضخمة إذ إنها تضاف خلال مائة ساعة. تتقلب التيارات بشكل مثير في المحيط الهادئ عند خط الاستواء، ويتطلب الأمر مهارة فائقة لتوجيه السفينة في الاتجاه الصحيح.

أصول تيارات المحيط

يصنف علماء المحيطات التيارات بشكل عريض إلى صنفين: تيارات سطحية وأخرى ملحية حرارية (thermohaline). التيارات السطحية هي المعروفة أكثر لنا، ومع ذلك فهي مهمة في الأربعمائة متر العليا فقط من المحيط. ترتبط التيارات الحرارية الملحية بعمق المحيط وهي مدفوعة بالاختلاف في درجة الحرارة وشدة الملوحة. سنناقش التيارات السطحية فقط هنا لأنها أكثر أهمية للملاحين.

هناك أربعة عوامل رئيسة تخلق التيارات السطحية وتؤثر فيها:

1 – الرياح.

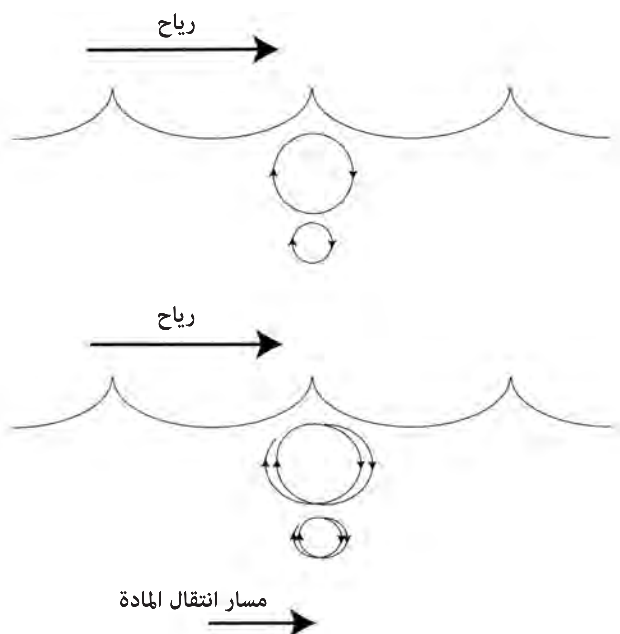
2 - تأثير كوريوليس.

3 - التسخين الشمسي.

4 – الجاذبية.

تخلق الرياح التي تهب على سطح الماء تيارا. تذكر من الفصل 12 حول أمواج البحار أن الرياح تؤثر في الماء وتخلق مدارات دائرية من جزيئات الماء على شكل أمواج. في الحقيقة يحدث تأثيرصغير يدعى انتقال المادة عندما تتحرك جزيئات الماء ببطء باتجاه الريح. تشبه المدارات الدائرية لجزيئات الماء المشكلة للأمواج حلزونا يتحرك نحو الأمام (الشكل 166). كتقريب أولي لريح تهب مدة 10 ساعات تتدفق المياه السطحية بـ 2 في المائة من سرعة الرياح.

يسخن التسخين الشمسي الماء بالقرب من خط الاستواء. يرفع تمدد الماء الناجم عن التسخين متوسط مستوى سطح البحر بالقرب من خط الاستواء بنحو 8 سم بالمقارنة مع مستواه عند خطوط العرض المتوسطة. يكفي هذا التأثير لخلق ميل للأسفل مسببا تدفق الماء شمالا وجنوبا بعيدا عن خط الاستواء.



الشـــكل (166): يخلق تأثير الرياح انتقالا بســيطا للمادة. تخلق الحركة الدائرية للأمواج تحت تأثير الرياح حركة حلزونية لجزيئات الماء، تولد بدورها تيارا.

كما بالنســبة إلى الطقس وأنظمــة المد، يؤدي تأثير كوريوليــس دورا في تيارات المحيط. يحول تأثير كوريوليس التيارات المدفوعة بالرياح لتتدفق إلى اليمين بالنســبة إلى الرياح الســائدة في نصف الكرة الشمالي وإلى اليســار بالنسبة إلى الرياح السائدة في نصــف الكرة الجنوبي. هذا الدفع المســتمر لتيارات مولــدة بالرياح من قبل تأثير كوريوليس هو لب النظرية الحديثة حول تيارات المحيط التي تدعى «انتقال إيكمان».

انتقال إيكمان

تطــورت النظرية الحديثــة حول تيارات المحيطات من خلال سلســلة ملتوية من الحوادث. ولد التســابق على الممر الشمالي الغربي من الأطلسي إلى الهادئ عبر مياه القطب الشــمالي الكندي عددا كبيرا من الرحلات وقدرا هائلا من التخمينات.

فقدت سفن مع طواقمها في كثير من الأحيان. كانت الرحلة الأشهر من بين هذه الرحلات هي البعثة التي قادها السير جون فرانكلين. بعد مغادرته لندن في العام 1845، كان آخر اتصال لهم مع سفينتين لصيد الحيتان بالقرب من جزيرة بافين. لم يسمع عنهم قط بعد ذلك، لكن مصيرهم اكتشف في نهاية المطاف. تحطمت السفن في الجليد، واختفى الأشخاص جميعهم وهم يبحثون عبثا عن رحلة نحو العالم المتحضر. حفز هذا مجهودا ضخما للبحث عنهم قام بالتفتيش في أماكن واسعة من القطب الشمالي الكندي. تطور عدد من النظريات الغريبة حول «البحر القطبي» خلال تلك الفترة. كانت هناك فكرة عامة أنه لو غامر شخص شمالا بما يكفي عابرا الحزمة الجليدية، فسوف يصادف جسما من الماء الدافئ يمتد حتى القطب. دعمت هذه الفكرة بمشاهدات متفرقة لفجوات كبيرة من الماء وسط الحزمة الجليدية دعيت الثقب الجليدي (polynyas). المصطلح «polynya» مستعار من الروسية ويعني الثقب الجليدي الطبيعي. يمكن أن تتشكل الثقوب الجليدية عندما ينفصل غطاء الجليد القطبي عن الجليد المتصل بالأرض المحيطة بالبحر القطبي مشكلا فجوات كبيرة من الماء المفتوح. في أشهر الصيف يمكن أن تسبب درجات الحرارة تفككا جزئيا للحزمة الجليدية منتجة فجوات كبيرة من الماء المفتوح بين قطع الجليد الطافية.

مُولت إحدى المجموعات التي بحثت عن بعثة فرانكلين والتي قادها إليشا كنت كين من قبل الولايات المتحدة وغادرت في العام 1853. أبحر كين شمالا على طول قناة بين غرينلاند وجزيرة اليزمير، حيث تجمدت سفينته. سافر أحد أفراد طاقمه واسمه وليام مورتون برا إلى رأس في شمال غرب غرينلاند. شاهد مورتون قطعة ضخمة من الماء المفتوح من دون أي قطعة من الجليد ومئات الطيور التي تجمعت حولها، واستنتج أنه شاهد «البحر القطبي المفتوح» المزعوم. كان مجرد ثقب جليدي، لكن مشاهدة مورتون له أججت فكرة البحر القطبي الدافئ.

كان سيلاس بينت عالم المحيطات العامل في البحرية الأمريكية تحت قيادة ماثيو بيري أول غربي يرسم نسخة المحيط الهادئ لتيار الخليج ويدعى الكوروشيو (التيار الأسود) الذي يجري على طول الشاطئ الشرقي لليابان. مثل تيار الخليج فإن الكوروشيو (Kuroshio) تيار دافئ يتدفق شمالا حاملا مياها مدارية دافئة

إلى خطوط عرض أعلى. اعتقد بينت أن محصلة تأثير تيار الخليج والكوروشيو يمكن أن تكون كافية لتسخين المحيط القطبي، كتب يقول:

> الآن بما أن هذين التيارين (تيار الخليج وتيار الكوروشيو في اليابان) يمتلكان مثل هذه القوة الرائعة في الحفاظ على حرارتهما، ماداما لا يلامسان اليابسة، بحيث يرفعان درجة حرارة المناخ بـ 30 أو 40 درجة على مدى نصف قارة تقع على بعد ثمانية آلاف ميل من نقاط انطلاقهما في المنطقة المدارية، والتي يأخذان حرارتهما منها، لا يبدو أنه من غير المعقول الاعتقاد أن هذين الجزأين من التيارين اللذين يتابعان مسارهما مباشرة نحو المحيط القطبي يحملان معهما دفئا كافيا ليس فقط لإذابة الجليد الذي يصادفانه، وإبقاء مساريهما مفتوحين خلال العام، لكن أيضا لرفع درجة الحرارة بشكل دائم فوق درجة التجمد لمنطقة ضخمة من البحر حول القطب الشمالي، وبالتالي يمنعان هذه النهاية البعيدة من الأرض من أن تبقى محصورة في جليد دائم، وأن تثقل خلال العصور بتراكمات الثلوج المتساقط من الرياح المحمل بالرطوبة المأخوذة من التبخر، والذي يحمل إلى هناك من مناطق جنوبية أدفأ من سطح الأرض[2].

تزعَّم الجغرافي الألماني أوغست بيترمان فكرة البحر القطبي الدافئ، واقترح أنه من الممكن العثور على الطريق الأفضل للقطب الشمالي بالإبحار عبر مضيق بيرينغ الذي يفصل ألاسكا عن سيبيريا، واتباع التيار شمالا. ملاحظة مورتون عما اعتقد أنه محيط دافئ، مع ملاحظات بينت، أعطت دعما لهذه الفكرة، على الرغم من أننا نعلم الآن أن مورتون رأى ثقبا جليديا، وليس محيطا مفتوحا.

في العام 1878 اشترى جيمس غوردون بينيت جونيور الناشر اللامع لصحيفة «نيويورك هيرالد» السفينة البحرية الملكية باندورا وسماها جينيت. موّل بينيت قبل ذلك بعثة هنري مورتون ستانلي الشهيرة للعثور على الدكتور ديفيد ليفينغستون في أفريقيا الوسطى، وكان متحمسا لمادة دسمة جديدة ينشرها في صحيفة «الهيرالد». وكمتحمس هاو لاستكشاف القطب الشمالي، كان بينيت معجبا بنظرية المحيط القطبي الدافئ الذي يمكن الوصول إليه عبر مضيق بيرينغ. أقنع البحرية الأمريكية بأن تتكفل برحلة لاتباع هذا المسار المقترح. في مارس 1878 أجاز الكونغرس هذه البعثة بقيادة الملازم جورج ديلونغ. أعيد تجهيز جينيت للبعثة القطبية وغادرت

ســان فرانسيســكو في 8 يوليو 1879. أبحر ديلونغ خلال مضيق بيرينغ بزمن جيد، لكنه تجمد في حزمة الجليد قرب جزيرة رانغيل مقابل شاطئ سيبيريا في سبتمبر.

تجمدت جينيت بشــكل صلب في حزمة الجليد لمعظم الســنتين، وانجرفت في البحر القطبي باتجاه الشمال الغربي. في يونيو من العام 1881 أطبقت حزمة الجليد عليها، وحطمتها ببطء. اســترد دي لونغ وطاقمه كميــة كبيرة من المواد التموينية والزلاجــات وثلاثة زوارق إنقاذ من الســفينة المحطمة قبــل أن يتخلى عنها. أقدم على ســير عســير فوق تلال الجليد ليصل إلى أقاصي العالم المعمور آنذاك على طول دلتا نهر لينا في ســيبيريا لمســافة 700 ميل. سحب الطاقم الزوارق لمسافات بعيدة فوق الجليد المتكسر ليصلوا في النهاية إلى الماء المفتوح. في سبتمبر جرفت العاصفة الــزوارق بعضهــا بعيدا عن بعض. أفلح أحد الــزوارق في النهاية في الوصول إلى بر الأمان. رســا زورق ديلونغ في الدلتا، لكن طاقمه كان منهكا جدا، وفي النهاية مات جميع من كانوا معه.

بعد ثلاث ســنوات وجد حطام من «جينيت» في غرينلاند، على بعد ألفي ميل مــن الموقع الذي غرقت فيه. الانجراف المحتمــل للحطام في حزمة الجليد مبين في الشكل (167). ربما تكون الحركة الواسعة المدى للجليد في المحيط القطبي مدهشة لأول وهلة، لأنه قد يبدو أن الجليد سيتجمد سريعا عند القارات. هناك منطقة من الجليد المتصلة بشــكل صلب باليابســة، لكن بعد بضعة أميال من الشاطئ ينتقل الجليد إلى التدفق المفتــوح للمحيط القطبي. في الحقيقة، يتحرك الغطاء الجليدي القطبــي والماء الموجود تحته بصورة دائمة، ويغيران شــكل الجليد مســببين ثقوبا قطبية تنفصل فيها صفائــح الجليد بعضها عن بعض، وتلالاً مضغوطة (Pressure ridges)، حيث ترتطم هذه الصفائح بعضها ببعض. تشــكل محصلة تدفق الجليد والماء تيارات متمايزة، على رغم أن هذا لم يؤخذ بعين الاعتبار حتى اكتشاف حطام السفينة «جينيت».

شــجع اكتشــاف بقايا الســفينة جينيت في غرينلاند عالم المناخ النرويجي هنريك مون عــلى تطوير نظرية الحــركات الضخمة للغطاء الجليــدي القطبي. اعتقد مون أن انجــراف الجليد يتبع ببســاطة اتجاه الرياح الســائدة. شرع مواطنه المكتشــف فريدجتوف نانسن في اختبار هذه النظرية في انجراف الجليد مع بعثة علمية ضخمة.



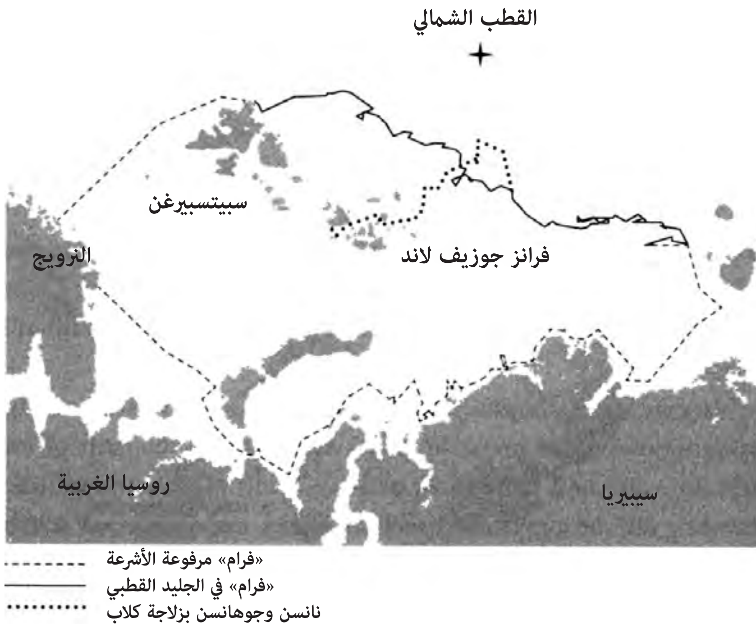
الشكل (167): انجراف حطام السفينة «جينيت».

فكر نانسن أنه لو اســتطاع الحصول على سفينة مبنية بشكل مناسب بحيث تتجمد في حزمة جليدية، فإنه سيســتطيع ببساطة الانجراف فوق القطب الشمالي، والادعاء بأنه أول من وصل إلى هناك.

بمعرفة التجربة التي مرت بها جينيت، شرع نانســن في بناء سفينة يمكنها تحمل قوى الحزمة الجليدية. بنيت سفينته فرام بجسم دائري الشكل يجعلها تصعد للأعلى مــع اقتراب الجليد منها، بدل أن تحصر في الجليد مثل العديد من الســفن المصممة للإبحار في البحار المفتوحة. غادر نانســن وطاقمــه النرويج في يونيو من العام 1893 وأبحر على طول الشاطئ السيبيري حتى وصلوا إلى جزر سيبيريا الجديدة بالقرب من المكان الذي غرقت فيه الســفينة جينيت. أبحر نانســن شمالا حتى تجمدت سفينته فــرام في الجليد. أجرى نانســن وطاقمه كشــفا لعمق البحر القطبي وســجلوا تقدم الانجراف، جامعين طوال الوقت بيانات عن سرعة الرياح واتجاهاتها.

انجرفــت «فرام» نحو خط عرض 84 درجة شــمالا، لكن أصبــح من الواضح أنها ســتخطئ القطب الشــمالي بنحو 360 ميلا. غادر نانســن ورفيقه هجالمر جوهانسن مزودين بزوارق الكاياك وزلاجات الكلاب ومجموعة الكلاب والبنادق والمؤن ســفينة فرام في العام 1895، وبدآ الســير باتجاه القطب الشمالي. تابع باقي الطاقم في سفينة فــرام، منجرفين مع الغطاء الجليــدي حتى تكسرت في الصيف التالي عندما وصلوا إلى مياه مفتوحة. الشــكل (168) عبارة عن خارطة تظهر انجراف الســفينة فرام ورحلة نانسن وجوهانسن بالزلاجات.

نجح نانسن وجوهانسن في التقدم درجتين فقط شمالا، سائرين فوق تلال ضخمة من الجليد، ومقاومين انجراف الجليد الذي كان يدفعهما إلى الخلف كأنهما يمشــيان فوق حزام ناقل يدور في الاتجاه المعاكس. تحولا أخيرا نحو الجنوب بعد أن وصلا إلى



الشــكل (168): رحلة السفينة فرام وانجرافها: أبحرت على طول شاطئ سيبيريا حيث تجمدت. تابع نانسن بواسطة زلاجة كلاب نحو القطب الشمالي، ثم إلى فرانز جوزيف لاند.

خط عرض 86 درجة تقريبا، وهو أبعد نقطة وصلا إليها شمالا. في المدى الشاسع من الجليـد القطبي لم يكن لديهما أمـل في العثور على فرام، والتي كانت بمنزلة نقطة في هـذا الجليد المترامي الأطراف. بدلا من ذلك توجهـا نحو فرانز جوزيف لاند عابرين عـددا من الثقوب الجليدية، مُطعِمين العـدد المتناقص من الكلاب لحم كلاب أخرى عمـدا إلى قتلها. عندما وصـلا إلى ماء مفتوح، تخليا عن زلاجاتهـما وقتلا آخر كلبين لديهـما، وتابعا بزورقي كاياك ربطا أحدهما بالآخر بواسـطة شراع. عند وصولهما إلى فرانز جوزيف لاند كان الشتاء يطبق عليهما، لكن كان هناك مصدر وفير للطعام من حيوان الفظ (Walrus) والدب القطبي.

اصطاد الاثنان عددا كافيا من الحيوانات لتموينهما في الشـتاء، وبنيا كوخا بدائيا من حيطان حجرية مع مسـحوق طحلبي لاصق لسد الشـقوق، وجلد حصان البحر لتغطيـة السـقف. قضيا شـتاء 1895 – 1896 في الكـوخ الضيق. كان نانسـن يقرأ مقتطفات من سـجل تقويمه بغرض التسـلية. عندما حل الربيـع، تابعا جنوبا خلال أرخبيل فرانز جوزيف لاند حتى وصلا إلى كوخ مستكشـف بريطاني يدعى فريدريك جاكسون كان هو أيضا يستكشف طريقا إلى القطب الشمالي. بهذا اللقاء نجا كل من نانسـن وجوهانسن. وصلت السفينة فرام مع طاقمها، ووصل نانسن وجوهانسن إلى النرويج بأمان في صيف العام 1896.

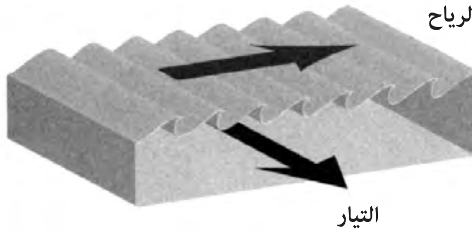
حصلت البعثة على كمية ضخمة من البيانات العلمية، بما في ذلك معلومات عن جيولوجية الشـاطئ الشمالي لسـيبيريا. الأكثر أهمية كانت مجموعة قياسات مفصلة حول انجـراف جليد البحر، وقياسـات لأعماق البحر القطبي، وقياسـات لاتجاهات الرياح وسرعتها خلال الانجرافات. اسـتغرق الأمر أربع سـنوات ليتمكن نانسـن من البحـث في هذه البيانات، لكن بعض الاكتشـافات الأولية أظهـرت أن الرياح لم تكن وحدها المسؤولة عن الانجراف في البحر القطبي.

خلال بعثة «فرام» سـجل نانسـن أنه عندما ينجرف الجليد بواسطة الرياح، فإنه ينجـرف نظاميا إلى يمين اتجـاه الرياح. كان هذا مختلفا عن الفكـرة الأولية بأن التيار يتبع ببساطة الرياح السائدة. أرجع هذه الخاصة إلى تأثير كوريوليس. في الوصف الأولي لانجراف «فرام» كتب نانسن: «لكن من وجهة نظري، ليست الرياح العشوائية وحدها هي التي تؤثر في انجراف الجليد. فكرت أيضا أنه كان هناك في بعض الأوقات دليل على

تيار خفيف في الماء تحت الجليد، والذي كان يتدفق في الاتجاه نفسه أيضا. لا أعتقد أن انجــراف الجليد يتطابق تماما مع اتجاه الرياح الســائدة. كان لدي انطباع أنها غالبا ما حملتنا أبعد قليلا باتجاه الشمال من الأخيرة. لكن بياناتنا الوفيرة لم تحلل بعد، وقبل أن يتم هذا ليس من الممكن أن نقول أي شيء مؤكد حول هذا الموضوع»[3].

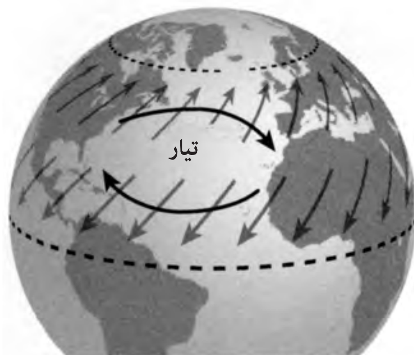
استطاع نانســن إقناع طالب دكتوراه، فاغان إيكمان، بأن يجري معالجة معمقة لهذا التأثير. حل إيكمان مســائل الرياضيات لهذا التأثير المركب من الجاذبية والرياح وتأثير كوريوليس لينشئ النظرية الحديثة حول تيارات المحيط.

اعتمــد حدس نانســن الأولي ومعالجة إيكمان اللاحقــة للظاهرة على مزيج من الريــاح الســطحية، وتأثير كوريوليس. وضع في الاعتبار الرياح التي تهب على ســطح واســع من الماء، لــو تحركت الرياح بأي التواء شــمالي أو جنوبي لها، فســيخلق تأثير كوريوليــس انزياحــا منتظما في اتجاه التيار الناتج على ســطح الماء (الشــكل 169). ســيكون هذا الانزياح إلى يمين الرياح الســائدة في نصف الكرة الشــمالي، وإلى يســار الرياح السائدة في نصفها الجنوبي.



الشكل (169): انتقال إيكمان في نصف الكرة الشمالي. يتحرك التيار إلى يمين اتجاه الرياح بسبب تأثير كوريوليس.

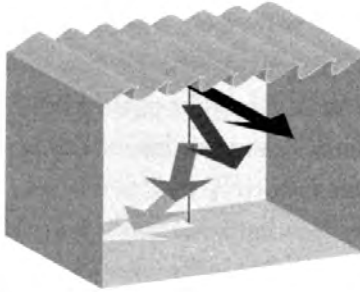
لو فكرت في نصف الكرة الشمالي، فقد تتذكر من الفصل الثامن أن الرياح السائدة تهب عادة من الشــمال الشرقي إلى الجنوب الغربي، وتوجد بين خط الاســتواء وخط عرض 30 درجة شمالا. شمال خط العرض 30 درجة تهب الرياح الغربية من الجنوب الغربي نحو الشــمال الشرقي. يُحدث هذا تيارا يجري من الشرق إلى الغرب في الرياح التجارية ثم شمالا، ومن الغرب إلى الشرق في منطقة الرياح الغربية.



الشكل (170): تأثير انتقال إيكمان على تدفق التيار في شمال المحيط الأطلسي.

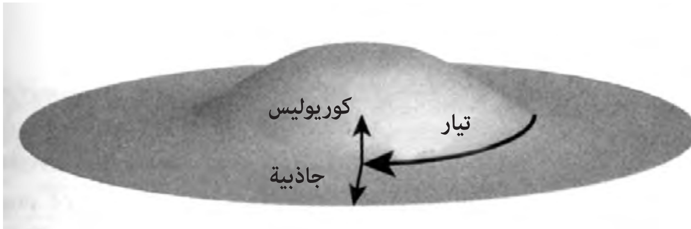
يستمر تأثير كوريوليس مع ازدياد العمق. يسحب الماء المتحرك على السطح الماء الموجود تحته، لكن الطبقة التالية تحت الطبقة السطحية ستزاح بانتظام إلى يمين الطبقة السطحية في نصف الكرة الشمالي، كما أزيحت المياه السطحية إلى اليمين بتأثير الرياح. تزاح طبقة الماء التي تجري تحت هذه الطبقة الثانية بشكل أكبر نحو اليمين وهكذا. تتضاءل قوة التيار بسرعة مع ازدياد العمق، حيث يختفي عند نحو أربعمائة متر. يدعى هذا بحلزون إيكمان (الشكل 171).

التأثير الرئيس لحلزون إيكمان هو خلق دورات ضخمة من الماء تدعى «دوامات» (gyres) في المحيطات. تحت تأثير الرياح، تنحرف الطبقة السطحية العلوية من المحيط إلى يمين الرياح الدافعة، وتنحرف الطبقة تحتها إلى يمين الطبقة أيضا تحت تاثير كوريوليس/ حلزون إيكمان. يتسبب هذا في تراكم المياه للأعلى في مركز حلقة دائرية. يوازن تأثير الجاذبية القوة الداخلة الناجمة عن حلزون إيكمان، ويكون هناك توازن بين الاثنين مع دوران الماء حول الانتفاخ المركزي (الشكل 172).



الشكل (171): حلزون إيكمان كتابع للعمق تحت سطح المياه.

بســبب تأثير كوريوليس، تدور الدوارات باتجاه عقارب الســاعة في نصف الكرة الشــمالي، وبعكس عقارب الســاعة في نصفها الجنوبي. يختلف الانتفاخ عند المركز في الارتفاع، بحســب الدوار، وحتى بحســب الســنين حيث يعكس التغــيرات المدفوعة مناخيا، على سبيل المثال أنماط رياح متغيرة [4]. يمكن أن يكون ارتفاع الانتفاخ المركزي كبيرا بمقدار قدمين نسبة إلى الأطراف.



الشكل (172): تضافر اتجاه التيار مع تأثير كوريوليس والجاذبية يؤدي إلى نشوء دوامات كبيرة في المحيطات.

تيارات المحيط الرئيسة

يتســبب دوران الأرض في تراكم الجزء الغربي من الدوار على الشــواطئ الشرقية للقارات خالقا تيارات قوية على طول هذه السواحل. هذا التأثير مسؤول عن قوة تيار الخليــج قرب فلوريدا، ويدعى تيار الحد الغربي. ينشــأ تيار مماثل في المحيط الهادئ قرب اليابان يدعى كوروشيو (كلمة يابانية لـ «تيار أسود/ مد أسود»).

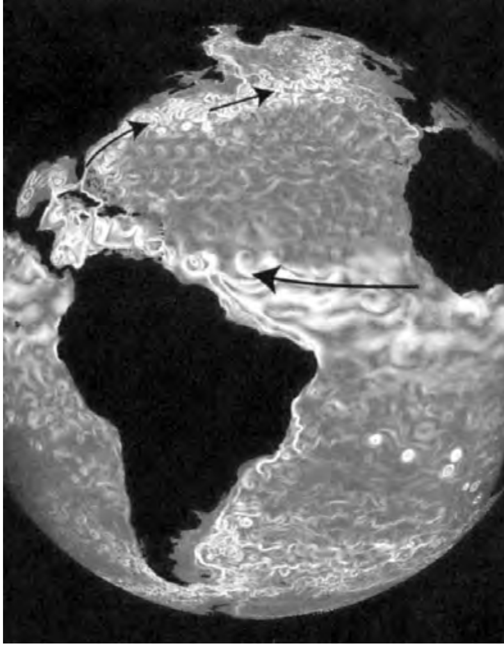


الشكل (173): دوران الدوامات في شمال المحيط الأطلسي وجنوبه.

يمكن تقسـيم دوامة شـمال المحيط الأطلسي إلى عدد من التيارات المتمايزة. يُظهر الشـكل (174) تمثيلا أجري على حاسوب فائق لجريان التيار في شمال المحيط الأطلسي. الرياح التجارية وسـط المحيط الأطلسي شمال خط الاسـتواء مباشرة مسؤولة عن التيار الاسـتوائي الشمالي، والذي يجري غربا من جزر كيب فردي إلى البحر الكاريبي والشاطئ الشمالي لأمريكا الجنوبية. عندما يدخل البحر الكاريبي وخليج يوكاتان وخليج المكسيك يخلـق عددا مـن تيارات «إدي» (eddies)(*) لتيار دائري في تلك المناطق، لكنه يشـكل بعد ذلك تيارا قويا خلال مضيق فلوريدا، ويشـكل تيار الخليج - فلوريدا. خلال تسرب النفط لشركة «ديب ووتر هورايزن»، كان هناك قلق شديد من أن تبدأ دورة هذا التيار في خليج المكسيك بنقل النفط حول «فلوريدا كيز» ثم إلى البحر الأطلسي.

مـع مرور تيـار الخليج من كيب هاتـيراس في كارولينا الشـمالية، يبدأ بالتحرك بعيدا عن الشاطئ. عند هذه النقطة يبدأ بالتضاؤل، ويشكل تيارات إدي تدور حول الأطـراف. مع ذلـك هناك تدفق كاف من المـاء الدافئ ليحافظ عـلى طقس أوروبا الشـمالية معتـدلا. الجريان الراجع إلى جزر كيب فـيردي أضعف بكثير ويتوزع على منطقة أوسـع. بينما تفـسر نظرية إيكـمان التفاصيل العريضة للتيارات في شـمال الأطلسي، فإن الكثير من هذه التفاصيل تتأثر بموقع اليابسة ودخول اضطراب.

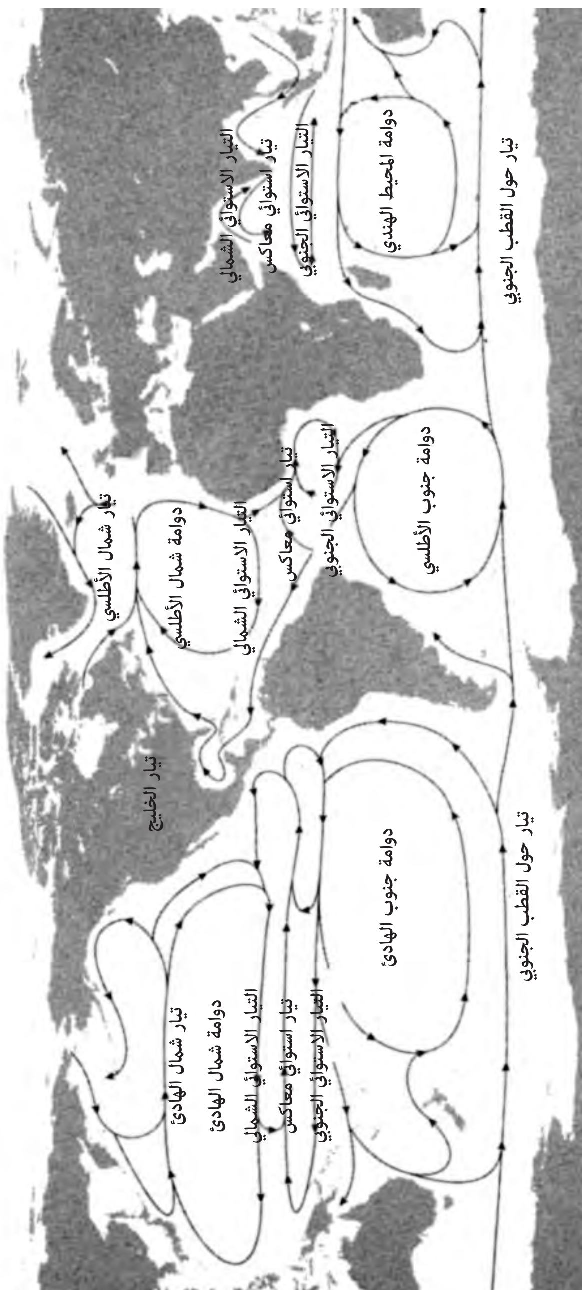
(*) Eddy: تيار إدي هو دوران المائع، والتيار العكسي الذي ينجم من تجاوز المائع لجسم ما. [المترجم].



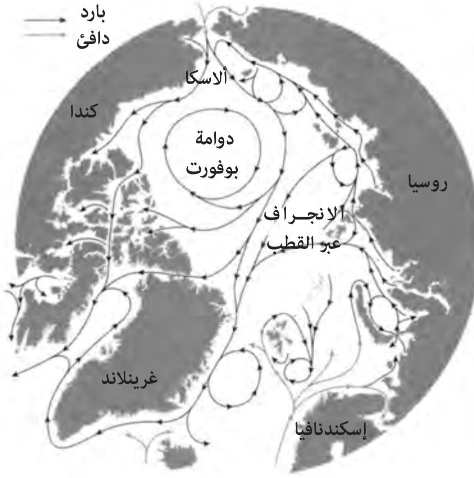
الشكل (174): تمثيل حاسوبي للتيارات في شمال المحيط الأطلسي.

الشــكل (175) عبــارة عن خارطة لتيارات المحيط الرئيســة. يشــير الركود حول خط الاســتواء إلى الخــط الفاصل بين دوامات نصف الكرة الشــمالي ودوامات نصف الكرة الجنوبي. بحســب الطبوغرافيا والزمــن أثناء العام، تتغير التيارات الفعلية كثيرا. الخصائــص البارزة هي دوامات المحيط الهندي، وشــمال الأطلسي وجنوبه، وشــمال المحيط الهادئ وجنوبه.

تســيطر دوامة بوفــورت والانجراف عــبر القطب على تيارات القطب الشــمالي (الشــكل 176). كان التيار الأخير مســؤولا عــن تفريق حطام الســفينة «جينيت»، واستفاد نانسن منه في رحلته على السفينة «فرام». لو عدنا إلى نظرية البحر القطبي المفتــوح، نلاحظ أن هناك تيارا دافئا يتدفق شــمالا عبر مضيق بيرينغ على الرغم من أنه غير كاف لإذابة غطاء القطب الجليدي – حتى الآن. لو اســتمرت عملية الاحترار العالمي، فقد نضطر إلى إعادة النظر في هذه الفرضية.



الشكل (175): تيارات المحيطات الرئيسة في العالم.



الشـكل (176): تيارات في القطب الشـمالي. الخصائص البارزة هي دوار بيفورت والانجراف عبر القطب الشـمالي الذي اكتشفه نانسن.

تشـمل التيـارات المعقدة قرب آيسـلاندا وغرينلاند تيار اللابـرادور الذي ينقل كتل الجليد والماء البارد جنوبا، مسـببا خطرا على الملاحة في شـمال الأطلسي. عندما يتلاقى تيار اللابرادور مع تيار الخليج في شـمال الأطلسي يمكن أن يحدث تحول حاد جدا. يتحرك الانتقال شـمالا في الصيف، وجنوبا في الشـتاء مع تأكيد القطب الشمالي والمدارين لسيادتهما بالتناوب.

في السـنوات الأخيرة أصبحت بعض الدوامات مكبـات قمامة ضخمة. فالقمامة التـي تدخل دوامة مـا لا تخرج منها. إنها تبقى هناك وتدور حول المركز باسـتمرار. صنفـت دوامة شـمال المحيط الهادئ أخيرا على أنها «أكـبر مكب للقمامة في العالم» مع تجمع نفايات مدن شمال المحيط الهادئ هناك، وعدم مغادرتها له. تختبر دوامة شـمال المحيط الأطلسي أيضا مشاكل نفايات كبيرة للأسباب نفسها. الدوامات الأخرى بعدد أقل من السكان المجاورين لها لا تعاني كثيرا بسبب هذا الوباء.

بالقرب من خط الاستواء هناك تأثير مهم يُدعى «التيارات الاستوائية المعاكسة». بتدفق باتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي، وبعكس عقارب الساعة في نصفها الجنوبي، ربما تتوقع أن تتدفق هذه التيارات كلها عندما يلتقيان بالقرب من منطقة خط الاستواء من الشرق إلى الغرب. لكن هذا ليس هو الحال تماما. تميل المياه التي تتدفق غربا إلى التراكم ضد الشواطئ الشرقية للقارات. يدفع التدفق غربا في المحيط الهادئ ضد آسيا ويدفع التدفق الغربي في المحيط الهندي ضد أفريقيا. على الرغم من أن جزءا كبيرا من هذا التدفق يقوم بالرحلة الراجعة بالتحرك شمالا أو جنوبا، فإن بعضه يجد ممرا راجعا قريبا من خط الاستواء. تتقدم بعض التدفقات الراجعة عند خطوط عرض منخفضة باتجاه غرب - شرق خالقة التيارات المعاكسة الاستوائية التي تختلف بحسب فصول السنة.

يمكن أن يكون الانزياح الفصلي في التيارات الاستوائية المعاكسة عاملا مهما للملاحة في بعض المناطق. كتب المؤلفان الأب إرنست ساباتيير وديفيد لويس حول تأثير التيارات في فصل الرحلات لسكان الأرخبيل الغربي لكيريباتي في وسط المحيط الهادئ (جزر غيلبرت)[(5)، (6)]. خلال الفترة من أكتوبر حتى مارس يكون التيار الاستوائي قويا ويجري من الشرق إلى الغرب. ربط الملاحون المحليون بين هذه الفترة وظهور نجم الثريا بعد غروب الشمس مباشرة. تتميز هذه الفترة أيضا بالعواصف، ويبقى هذا المزيج من ظروف الطقس والتيارات القوية الملاحين على الشاطئ. في أشهر الصيف يعتدل الطقس ويهدأ التيار، ويظهر أحيانا تيار استوائي ضعيف معاكس يجري من الغرب إلى الشرق. يربط هذا المزيج من التيارات الضعيفة والطقس الجيد بظهور النجم قلب العقرب مباشرة بعد غروب الشمس، وهو الفصل الرئيس للقيام بالرحلات البحرية.

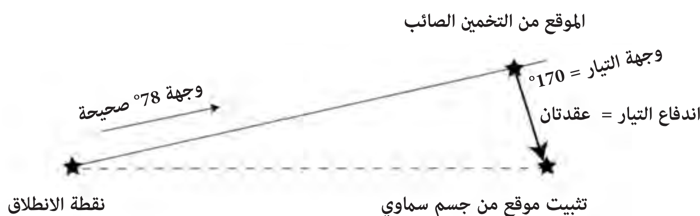
تختلف التيارات الاستوائية المعاكسة أيضا بين عام وآخر. تتعلق هذه الاختلافات بالفرق في التسخين بين الصيف والشتاء في نصفي الكرة الأرضية. ترتبط تيارات معاكسة استوائية قوية في المحيط الهادئ أيضا بالظاهرة المناخية المعروفة بـ «النينو» (El Nino) (كلمة إسبانية تعني «الطفل» نسبة إلى تشكلها حوالي عيد الميلاد)، يدعو علماء المناخ هذا بـ «نينو الاهتزاز الجنوبي» (ENSO)، والذي يظهر في دورات تمتد ما بين خمس وسبع سنوات، ويُحدث تغيرا عالميا في الطقس. تتحرك المياه الدافئة نحو

ساحل المحيط الهادئ الشرقي، مؤثرة في تيار همبولدت الأبرد المقبل من الشمال. يسبب هذا بدوره تغيرات كبيرة في أنماط الطقس: يشهد شمال المكسيك وكاليفورنيا زيادة في الطقس الرطب الدافئ، بينما تشهد كندا والغرب الأوسط في أمريكا ظروفا أدفأ لكنها أكثر جفافا. واجهت الألعاب الأولمبية الشتوية في فانكوفر الكندية في العام 2010 ظروفا دافئة شكلت تحديا لهذه الألعاب خلال فترة النينو.

تحديد التيار والاستعداد له

عند رسم مسار ما، على الملاح في محيط مفتوح أن يأخذ التيارات بعين الاعتبار. بما أن التيارات تخلق تيارات إدي وتختلف بحسب الفصول فهذا فن بمقدار ما هو علم. وكما ناقشتُ من قبل، يمكن للملاح أن يقدر الموقع بعملية التخمين الصائب ومن نقطة ثابتة مبنية على الملاحة السماوية. يمكن استخدام التفاعل بين هذين العاملين غالبا لمعرفة التيارات المحلية. لو كنت تعرف سرعتك واتجاهك، يمكنك بمعرفة نقطة المغادرة أن تستخدم هذه المعلومات لتحديد موقعك بعد زمن معين. لو دفع تيار ما سفينتك في اتجاه معين، وأنت تحاول تحديد موقعك مستخدما الملاحة السماوية، فإن نتائج التخمين الصائب والتثبيت السماوي لن يكونا متطابقين. باستبعاد احتمال وجود خطأ ما، فإن الفارق بينهما يعود إلى التيار.

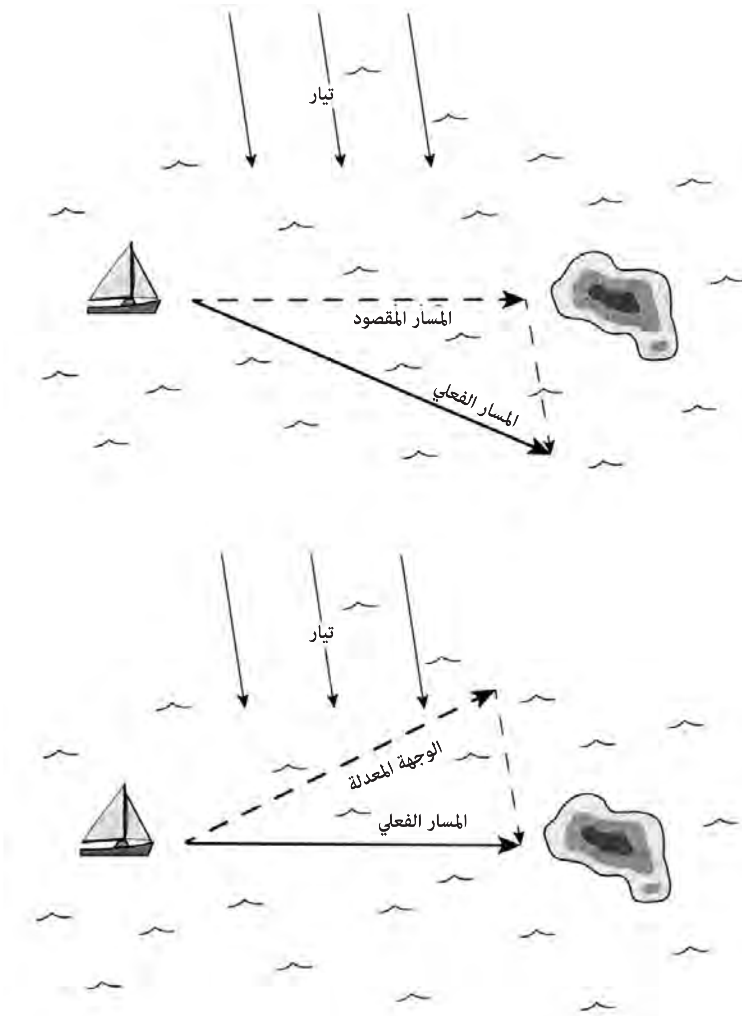
في الشكل (177) أُبين مثالا على هذا. من نقطة انطلاق ما، يبحر ملاح باتجاه 78° درجة تماما. بعد أربع وعشرين ساعة، يتعرف على موقعه من الاتجاه، وافتراض أن سرعة القارب ست عقد. ثم يأخذ بعد ذلك ملاحظة لموقعه من مشاهدة النجوم عند الغسق، ليجد أن موقعه الصحيح مختلف كثيرا عن التخمين الصائب. يعزو هذا الاختلاف الظاهر إلى افتراض أن التيار دفعه جنوبا. عندما يتكلم ملاح عن التيار، فإن له خاصتين: وجهة (set) واندفاع (drift). الوجهة هي منحى التيار وتقاس بالدرجات عن الشمال الحقيقي. أما الاندفاع فهو سرعة التيار مَقيسة بالعقد. في المثال في الشكل (177) استخدم الملاح الفارق بين التخمين الصائب والتثبيت السماوي ليستنتج أن وجهة التيار 170 درجة، وأن اندفاعه عقدتان.



الشكل (177): استخدام المقارنة بين التخمين الصائب وتثبيت موقع لتحديد وجهة التيار واندفاعه.

لا يكاد الملاح يعرف وجهة التيار واندفاعه حتى يمكنه إجراء التصحيحات اللازمة للوصول إلى وجهته. في الشكل (178) أبين مسار قارب شراعي نحو جزيرة. بوجود تيار من الشمال، لو حافظ الملاح على مسار باتجاه الجزيرة المقصودة فإن التيار سيحمله بعيدا إلى جنوب الجزيرة. من ناحية أخرى، لو أنه عوض عن وجهة التيار واندفاعه باختيار اتجاه أقرب إلى الشمال، فإنه سيصل إلى الجزيرة المقصودة مباشرة. إحدى المهمات الروتينية اليومية لملاح في المحيط هي تقدير وجهة التيار واندفاعه بناء على المقارنة بين التخمين الصائب والتثبيتات السماوية.

تمثل التغيرات الفصلية في التيارات وتقلباتها تحديا للملاحين، خاصة في المناطق الاستوائية، حيث توجد اختلافات فصلية كبيرة. بالنسبة إلى الملاح الغربي العادي، تعتبر مخططات التيارات والتنبؤات الحاسوبية مرجعا رئيسا له، لكن باعتبار ميل التيارات لتشكيل تيارات «إدي»، لا يمكن حتى للملاح المزود بهذه المعلومات التأكد من صحة اتجاهه. في الحقبة الحديثة تقدم الصور من الأقمار الصناعية تفاصيل عن أنماط التيارات المتغيرة بشكل يومي. يقطع السباق السنوي من نيوبروت إلى برمودا منطقة من الأطلسي يمكن للاختلافات في تيار الخليج وتيارات إدي المنفصلة عنه، أن تخلق ظروفا تفيد بعض البحارة وتعيق آخرين. يمكن لفن العثور على تيار مناسب واتباعه أن يشكل الفارق بين الربح والخسارة. يأتي الاقتباس التالي من وصف إبحار بالشراع في سباق شمال تيار الخليج:



الشــكل (178): تأثير التيار على مسار القارب. من دون تصحيح فسوف يخطئ القارب مكان الرسو على الجزيرة. لو أخذ وجهة التيار بعين الاعتبار، يمكنه الوصول إلى الميناء.

بين نيوبورت وتيار الخليج

على الملاح أثناء الإبحار في مياه باردة وغالبا في الضباب، أن يختار مســارا للموقع الأفضــل على الطرف الشــمالي من تيار الخليــج، متجنبا الجانب الســيئ من تيارات «إدي» شــمال التيار، أو مســتغلا الجانب المفيد من تيــارات «إدي» الدافئة باتجاه عقارب الساعة. قد تصل سرعة التيارات في «إدي» إلى 3 عقد، ويمكن لتيارات «إدي» الدافئــة أن تكــون بقطر 60 إلى 100 ميل. تتوافر صور الأقمار الصناعية وتفســيراتها هذه الأيام بحيث يمتلك الملاح فكرة جيدة عن موقع التيار، وتيارات «إدي» الرئيســة فيــه. من الصعب غالبا البقاء قرب خط البوصلة، ويقلق الملاحون غالبا من الانجراف نحو الشرق، لكن الإستراتيجيات الحديثة عظمت تعويض السرعة VMG إلى الجزيرة في المراحل الأولى من السباق إلى حيث تقود[7].

يعني المصطلح (VMG)[*] «تعويض السرعة». يُظهر التمثيل الحاسوبي في الشكل (174) تيــارات «إدي» العديدة المتعلقة بتيار الخليج أثناء انتقاله بعيدا عن شــاطئ أمريكا الشمالية.

باستثناء التسابق، فإن فهم التيارات ضروري لملاحة ناجحة في المحيط. لذا، كيف يمكــن للمرء أن يتعامل مع التيارات في غياب المخططات وصور الأقمار الصناعية؟ في بعض الحالات كانت العملية مسألة حظ، والإبحار نحو شاطئ طويل بحيث لا يؤدي الانجراف بالتيار إلى اختلاف مهم. يبحر المرء ببساطة، ويصل إلى ساحل، ثم يقدر كم عليه أن يسافر على مقربة من الساحل.

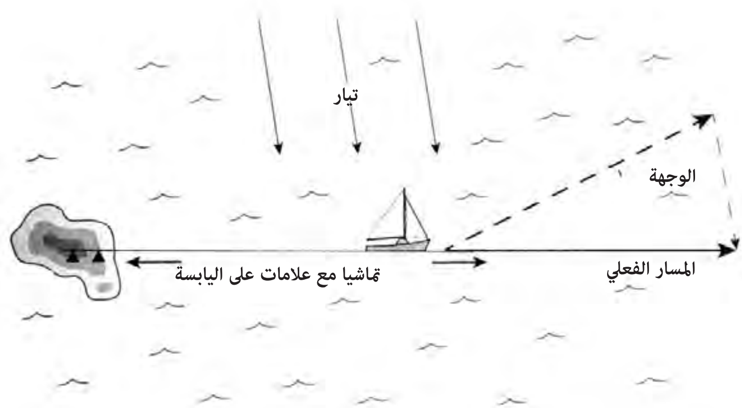
في حالــة الرحلات إلى جزيرة أو بين جزر عدة، لم يمتلك البحارة الأوائل ترف صور الأقــمار الصناعيــة أو تثبيتات دقيقة للمواقع من الملاحة الســماوية. كما ذكر أعلاه، كان عــلى ملاحي جزر المحيط الهادئ خصوصا أن يتعاملوا مع هذه المســألة، إضافة إلى الاختلافــات في التيارات الاســتوائية للمحيط الهــادئ. كان على البحارة أن يكونوا قادرين عــلى قياس التيار بطريقة ما، وتعديل وجهتهــم ليأخذوا ذلك بعين الاعتبار. مــع اختلافاتها الفصلية فإن التيارات الاســتوائية في المحيــط الهادئ هي من بين أكبر تحديات الملاحة في العالم.

(*) (velocity made good)

تحديد الاتجاه من الخلف

عنـد الشروع في رحلة بحرية، يبحر الملاح مسـافة ما من الجزيـرة للابتعاد عن أي تيـارات محليـة ناجمة عن الجزيرة نفسـها. ثم ينظر البحـار وراءه إلى الجزيرة التي غادرها، وينشـئ مسـارا باسـتخدام علامات فارقة على الجزيرة للتأكد من أن السفينة تتجه في الاتجاه الصحيح. الاتجاه الذي كان يشير إليه الزورق سيكون مختلفا عـن الوجهة المقصودة، حيـث كان على الملاح أن يعوض عن التيـار، لكن العلامات الفارقة على الجزيرة أكدت أنه يُشير في الاتجاه الصحيح مع أخذ التيار بعين الاعتبار. دعـا ملاحو جزر كارولاين هذا الإجراء «فونتونومويـر» التي تعني «مواجهة مؤخرة الزورق»[8].

وثَّـق عالم الأنثروبولوجي البريطاني ريموند فـيرث فن معرفة التيار في جزيرة تيكوبيـا من جزر سـولومون الشرقية. أجريت الكثير مـن الرحلات بين تيكوبيا وجزيرة أخرى تُدعى أنوتا. تقع أنوتا على بعد 70 ميلا إلى الشـمال الشرقي من تيكوبيـا، وهـي بعرض نصف ميل فقـط. يصل أعلى ارتفاع فيهـا إلى 200 قدم فوق مسـتوى سـطح البحر. تشـكل الرحلة بين تيكوبيا وأنوتا تحديا للملاحين، لأن أنوتا مجرد نقطة في محيط واسـع. كتب فيرث ما يلي: «سميت أنوتا تشبيها بـــ تي فاتو سيكيسـكي، وتعني الصخـرة الزلجة، وبما أنها نقطـة صغيرة جدا في المحيط فمن السـهل كثـيرا الابتعاد عنها». يمكن رؤية أنوتـا من بعد 10 أميال فقـط. كان على ملاحي تيكوبيا أن يبحـروا مع تصحيح دقيق للتيار. كتب فيرث عن تقنية اسـتخدام العلامات الفارقة في تيكوبيـا للإبحار نحو أنوتا، ملاحظا أن الـزورق يهيأ بعناية ليبحـر في الاتجاه الصحيح باسـتخدام علامات توجيه على تيكوبيا. على الطرف الشـمالي من الجزيرة هناك شـاطئ يُدعى «ماتاكي أنوتا»، ويعني «النظر إلى أنوتا»، أي في ذلك الاتجاه. خلف الشـاطئ هناك وادٍ يمتد إلى أعـلى الطرف الجبلي يُعرف بـ «تي روا» (وهو عبارة عن حقل قلقاس في الأعلى). عنـد الإبحار إلى أنوتا يدير الطاقم دفة الزورق نحو هذا الوادي، ويحاولون قدر اسـتطاعتهم إبقاءه ضمن مجال رؤيتهم[9]. يبين الشكل (179) استخدام عملية



الشكل (179): استخدام التوجه الخلفي لتأسيس اتجاه إبحار بوجود تيارات.

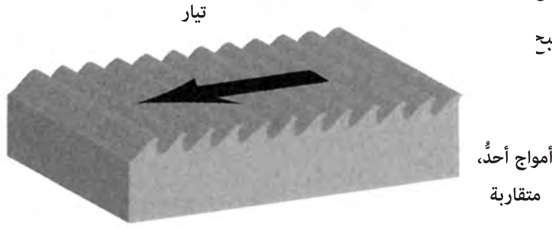
الأمواج بوصفها مؤشراتٍ على التيار

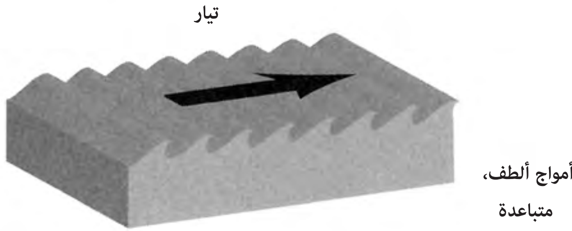
لو أزاح المرء الدلائل البصرية للتيار كلها، مثل الانجراف نسبة إلى اليابسة، أو مؤشر آخر، فكيف يمكن له أن يعرف ما إذا كان هناك تيار يتدفق أو لا؟ فبعد كل شيء، لو وضعتك في منطاد في الضباب، فسوف ينجرف ببساطة مع الرياح، ولا يمكنك معرفة ما إذا كنتَ تنتقل بالمقارنة مع الأرض. يمكن قول الشيء نفسه حول التيارات في محيط مفتوح، عدا وجود أمواج وتضخمات تنتقل مسافات بعيدة، وتدخل منطقة تتدفق فيها تيارات قوية. عندما تصل أمواج مولدة من مسافة بعيدة إلى منطقة التيار، يبقى ارتفاع الأمواج نفسه عموما، وتبقى فترة الموجة نفسها، لكن طول الموجة يتغير.

لو وصل تضخم محيطي مولد من مسافة بعيدة إلى تيار يتحرك بالاتجاه المعاكس فإن أطوال الموجات تصبح أقصر، وبالتالي تصبح سطوح أمواج التضخم أكثر انحدارا. عندما تتحرك الأمواج ضد التيارات، يمكنها أن تسبب ظروفا سيئة بالنسبة إلى البحار.

بالعكس لموجات،

وستصبح





الشكل (180): تأثير التيار في الأمواج.

يمكن للملاحين المتمرسين أن يستخدموا شكل الأمواج وسيلةً لتحديد التيارات المحلية، حتى لو كانوا خارج مرأى اليابسة. كان هذا مفيدا خصوصا بالنسبة إلى سكان جزر المحيط الهادئ الذين كانوا يبحرون في المياه الاستوائية ذات التيارات المتقلبة.

تدرب الكاتب ستيفان ثوماس على يد الملاح ماو بيلونغ من جزيرة ساتاوال في جزر كارولاين. عرف بيلونغ توماس على تقنياته الملاحية، وكتب توماس عن خبرته في كتابه «الملاح الأخير». كتب عن تعليمه استخدام الأمواج مؤشرا على التيار ما يلي:

> سألته: «كيف يمكنك تحديد التيار عندما لا يكون هناك تضخم؟».
>
> أجاب: «تنظر إلى الماء وهو مشدود. الأمواج الصغيرة تمضي على الشكل التالي (دافعا في اتجاه واحد) ثم - كيف يمكن لي أن أشرح ذلك؟»، مد ذراعيه كلتيهما ثم سحبهما كأنه يضرب على مفاتيح البيانو. ادعى أن

الإشــارة موجودة الآن، وأنها تشـير إلى تيار ضعيف آتٍ من الغرب، يجري ضد الرياح الشمالية الشرقية الخفيفة[10].

استخدم جوشوا سلوكوم أيضا مظهر الأمواج وسيلةً لمعرفة التيار. كتب حول هذا التأثير من خلال خبرتــه في الإبحار من جزر كيب فيردي جنوبا نحو أمريكا الجنوبية. «يتقــدم القــارب الشراعي بسرعة الآن نحــو منطقة الركود، وتنخفض شــدة الرياح التجارية. يمكنني بالنظر إلى التموجات أن أســتنتج أن تيارا معاكســا قد بدأ. قدرت سرعتــه بحدود 16 ميلا في اليــوم. في قلب التيار المعاكس كانت السرعة أكثر من ذاك المتوجه شرقا»[11].

التيارات المحرَّضة بأنظمة الضغط المنخفض

يمكنــك أن تتذكر أن أنظمة الضغط المنخفض يمكنها أن تنتج اضطرابات حلزونية تــدور بعكس عقارب الســاعة في نصف الكرة الشــمالي، وباتجاه عقارب الســاعة في نصفهــا الجنوبي. في المنطقــة المدارية يمكن لهذه الاضطرابــات أن تتحول إلى أعاصير وزوابع، منتجةً رياحا تســحب إلى داخل دوامات الضغط المنخفض جدا التي تشــكل عيون العاصفة. تســحب الرياح إلى الداخل من مســافات بعيدة، وهناك غالبا تدفق كافٍ من أنظمة العواصف لتخلق تياراتها المحلية الخاصة بها.

أقتبــس المقطــع التالي من كتاب «تكتيــكات العاصفة» المؤلــف من لين ولاري باردي، وهو يقص دهشتهما الأولية عندما أرسلهما تيار غير متوقع نشأ نتيجة إعصار في خليج البنغال بعيدا عن مســارهما. فقط مع ظهور مؤشرات أخرى للطقس، أدركا العاصفة الآتية:

«أيمكن أن تكون مســارات الســفن المبينة على خارطــة الملاحة لدينا مخطئــة؟»، ســألت لاري في رابع ليلــة لنا بعيدا عن «غــالي» في سريلانكا. أجاب: «كنت أفكر في الشيء نفســه»، «رأيت ثلاث سفن في آخر مراقبة لي. كم سفينة أحصيت؟».

رأيــت أضواء ثلاث حاملات على الأفق إلى الشــمال من موقعنا ونحن نقترب على مسار نحو الشرق.

توجهنا نحو الجنوب الشرقــي في الأيام الثلاثة الأولى من هذه الرحلة، هدفنــا: خط عرض 3 درجات شــمالا، وهو الحــد الأدنى لمنطقة الأعاصير.

عندما أظهرت قراءة مســارنا بحسب السجل والتخمين الصائب أننا وصلنا إلى تلك النقطة، غيرنا مســارنا للتوجه مباشرة شرقا مســافة 600 ميل قبل التوجه شــمال - شرق إلى بحر انداماان. كانت السماء ملبدة بالغيوم يومين، لذا عندما لم يكن هناك أي معنى من مشاهدتنا الأولية في صباح هذا اليوم الرابــع انتظرنا بقلق لمشــاهدتنا عند الظهيرة، ونحن نــدرس أرقام الملاحة لــلاري محاولــين العثور على خطأ ما في الحســابات. بدت المشــاهدة عند الظهيرة بعيدة جدا عن القيمة الصحيحة، بحيث رغبنا في إهمالها. «لم يكن من الممكن أن نكون شــمال مسارنا بمســافة 110 أميال». كان هذا تعليق لاري المتذمر، بينما أعاد التأكد من أرقامه، وقرأ جهاز الســدس مرة أخرى. ثم ذكرته بالسفن التي رأيناها. كان من المحتم أنها على بعد مائة ميل على الأقل إلى الشمال منا، «يبدو كأن تيارا من نوع ما يوجهنا نحو الشمال...».

قــال لاري: «لا يمكــن أن يكــون هنــاك تيار بسرعــة عقدتين ونصف العقدة. تُظهر مخططات الإرشــاد تيارا إلى الجنوب الشرقي يأتي من خليج البنغال في هذا الوقت من العام!».

لكــن أول مشــاهدة لنا في فترة ما بعد الظهــر كان لها معنى فقط لو قبلنا بمشــاهدة الظهيرة. بدأ هذا يقلقنا، «لو أن شــيئا ولد تيارا بمثل هذه القــوة، فلا بد أن يكون اضطرابا كبيرا جدا». قال لاري. «دعنا نتوجه جنوبا مرة أخرى»، شددنا أشرعتنا حتى أبحرنا قريبا من 45 درجة عن مسار خط البوصلة. خلال بضع ساعات برزت آخر سفينة وراء الأفق أمامنا. ثم حصلنا على الإشارة الثانية.

بدأ تضخم طويل وبطيء يقاطع النمط الثابت للبحر الذي كان يتدفق نحونا. مع أمواج الرياح العادية، أضاف هذا التدفق المتدحرج حركة صعبة لتقدمنا بسرعة 5 عقَد نحو البحر. تناولت ساعة التوقيت وأحصيتُ الثواني بــين قمة كل موجة من هــذه التضخمات المختلفة بوضــوح. مرت أربعة تضخــمات كل دقيقــة بدلا من العــدد العادي وهو ثمانيــة أو عشرة. بدأ تباعدهــا البطيء غير العــادي يضيف إلى تأكدنا. لا بــد أن هناك اضطرابا كبيرا في الطقس في مكان ما أمامنا»[12].

يوضــح المقطع أعلاه كيــف أن على الملاح الخبــير أن يفهم التثبيتات الســماوية، ويســمح بإمكانية حدوث تيارات غير متوقعة، ويقرأ الإشارات من الأمواج، ويحاول تكوين صورة متجانســة. تخلــق العواصف الضخمة

أمواجــا بفترات طويلة جدا بين قممها. مزيج من تيار غير متوقع مع ظهور تضخمات بطيئة هي إشارات قوية لإعصار آتٍ. في القصة تُتابع عائلة باردي وصف كيف قاما بتجنب العاصفة القوية، وســارا بأمان على أطرافها. لسوء الحظ لم يكــن طاقم اليخت الكندي بمثل هــذه الدقة في الملاحظة، حيث أبحروا مباشرة إلى وســط العاصفة لتغرق السفينة مع جميع من كانوا على متنهــا. في حالة عائلة باردي حافظت خبرتهما وقدرتهما على تركيب القطع المختلفة من المعلومات بلا شك على حياتهما، بينما هلك آخرون.

15

سرعة السفينة وتوازن هيكلها

على الرغم من أن الأسس الفيزيائية لوصف حركة السفن المائية في الماء هي نفسها في العالم كله، فإن اختلاف البيئات البحرية، وحاجات الثقافات المتعددة يمكن أن تحدد تصاميمها. شكل جسم السفينة عامل رئيس في الملاحة، خصوصا عندما تعمل بالأشرعة. يجب أخذ سرعة السفينة وقدرتها على الحركة مع الريح أو ضدها في الاعتبار عند حساب التخمين الصائب.

يرجع استخدام السفن في نقل البشر مسافاتٍ بعيدة على سطح الماء إلى أقدم تاريخ مكتوب. وهناك أدلة ظرفية على استخدام مركبات بحرية جيدة أقدم من ذلك بكثير. في يناير من العام 2011 كشفت وزارة الثقافة اليونانية عن اكتشاف أدوات حجرية وجدت في جزيرة كريت يعتقد أنها تعود إلى 130 ألف سنة[1]. إذا صح هذا التاريخ، فإنه يدل على أقدم الرحلات البحرية على مسافات بعيدة. تشمل

«كلما كانت السفينة أسرع، كانت كفاءة النقل أعلى، ولكن هناك علاقة مقايضة بين سرعة السفينة وتوازنها».

الفجوات المائية بين كريت والمواقع الرئيسة المجاورة أقربَ جزيرة وهي كارباثوس (على بعد 32 ميلا). يمكن رؤية كريت من نقطة عالية على الطرف الغربي لجزيرة كارباثوس. رؤية كريت من كارباثوس تجعل الرحلة المتعمّدة بدلا من رحلة المصادفة إلى كريت أمرا معقولا. يشير التأريخ بالكربون المشع إلى أن زمن أقدم المستوطنات في فيجي يعود إلى العام 1600 ق.م على الأقل، مؤشرا على بدايات رحلات طويلة المدى بعيدا عن مرأى اليابسة في المحيط الهادئ[2].

تأتي إحدى أقدم القصص المكتوبة عن رحلات طويلة المدى من هيرودوتس الذي كتب عن رحلة إلى أفريقيا قام بها الملك المصري نيخو في العام 600 ق.م تقريبا مستخدما بحارة فينيقيين.

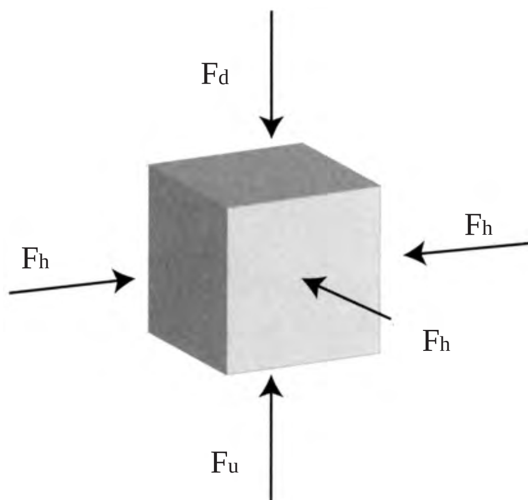
> ليبيا مغسولة من أطرافها كلها بالبحر عدا مكان اتصالها بآسيا، كما وضح لأول مرة حسب معرفتنا إلى الآن من قبل الملك المصري نيخو الذي بعد أن ألغى بناء القناة بين نهر النيل والخليج العربي أرسل أسطولا مجهزا بطاقم من الفينيقيين بأوامر أن يبحروا غربا ثم يعودوا إلى مصر والبحر الأبيض المتوسط عن طريق مضيق جبل طارق. أبحر الفينيقيون من الخليج العربي إلى المحيط الجنوبي، ورسوا في كل خريف في مكان ملائم على الشاطئ الليبي، حيث فلحوا رقعة من الأرض، وانتظروا حصاد العام التالي. وبعد أن حصدوا قمحهم أبحروا مرة أخرى، وبعد عامين كاملين لفّوا حول أعمدة هرقل خلال العام الثالث، وعادوا إلى مصر. صرّح هؤلاء البحارة بعبارة لا أصدقها، على رغم أن آخرين قد يصدقونها، وهي أنهم بينما كانوا يبحرون غربا حول الطرف الجنوبي من ليبيا كانت الشمس على يمينهم - إلى الشمال منهم. هذه هي قصة اكتشاف ليبيا لأول مرة عن طريق البحر[3].

يشار إلى «ليبيا» هنا على أنها أفريقيا. سواء أحدثت هذه الرحلة أم لا، فإن وصفها يتسق مع الفترة التي يستغرقها طاقم خبير للالتفاف حول أفريقيا.

اعتبارات التصميم

تُبنى المركبات البحرية لتنقل الناس والبضائع من مكان إلى آخر. لا يكفي أن يتحمل القارب وزنه فوق الماء، بل يجب أن يتحمّل وزن الناس والبضائع أيضا. انظر في القوى التي تؤثر في جسم مغمور بالماء (الشكل 181). عند أي نقطة تحت الماء،

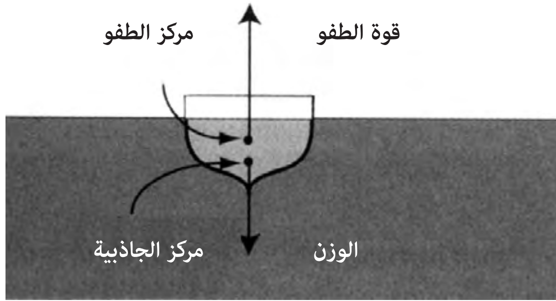
يزداد ضغط الماء بزيادة العمق بسبب وزن عمود الماء الضاغط من الأعلى للأسفل. على الجسم المبين في الشكل، فإن الضغط على أعلى الجسم أقل من الضغط على أسفله. الضغوط من الجهات الأربع (Fh) متساوية كلها ويلغي بعضها بعضا. يعطي فرق الضغط بين السطح العلوي والسطح السفلي محصلة قوى تدفع إلى الأعلى تدعى قوة الطفو (buoyancy). تعمل قوة الجاذبية على السفينة مع الركاب والبضائع على جرها إلى الأسفل.



الشكل (181): تُخلق قوة الطفو بضغط أكبر على عمق أكبر من الماء على جسم صلب.

مع وضع السفينة في الماء، فإنها تهبط وتبدأ بإزاحة الماء. ومع شحنها بالبضائع والركاب فإنها تهبط أكثر وتزيح قدرا أكبر من الماء. تكون قوة الطفو للأعلى مساوية لوزن الماء المزاح بواسطة السفينة. تصل السفينة إلى عمق التوازن عندما تكون قوة الطفو للأعلى وقوة الجاذبية للأسفل متساويتين ومتعاكستين. كلما كانت كمية الماء المزاحة أكبر كانت قوة الطفو أقوى. لذا تصنف السفن بحسب إزاحتها (displacement)- وهي وزن الماء الذي يزيحه هيكلها، والذي يقاس عادة بالأطنان بالنسبة إلى السفن الكبيرة. اشتقت الكلمة «طن» (ton) أو (tonne) من الكلمة الساكسونية لبرميل كبير، والذي كان يزن عند امتلائه طنا واحدا.

يعتمــد التوازن في الماء على العلاقة بين نقطتين في الزورق: مركز الجاذبية، ومركز قوة الطفو. لو أضفت قوى الجاذبية كلها التي تســحب الســفينة والركاب والبضائع للأســفل، يمكنك حســاب مجموع هذه القوى بصورة تقريبية كأنها كلها تعمل على نقطــة واحدة: مركز الجاذبية. بالمثل، تؤثر قوة الطفو في ســطح هيكل الســفينة. لو أضفت كل قوة من قوى الطفو، يمكنك حســاب مجموع هذه القوى بصورة تقريبية كأن قوة واحدة تؤثر في نقطة واحدة هي: مركز الطفو.



الشكل (182): قوة الطفو على السفينة تساوي وزن الماء الذي تزيحه.

يعتمــد موقــع مركز الجاذبية على طريقــة توزيع الركاب والبضائع في الســفينة عندما تشحن. ويعتمد موقع مركز الطفو على شكل هيكل السفينة، والمقدار المغمور بالماء منها، وتوجهها بالنسبة إلى السطح. يظهر الشكل (182) هيكل سفينة مع مركز الجاذبية ومركز الطفو. الجزء من هيكل السفينة تحت الماء فقط يعطي إزاحة تسهم في قوة الطفو. يدعى جزء هيكل الســفينة البارز فوق ســطح الماء «الســطح الحر» (freeboard). لو كانت حمولة الســفينة كبيرة جدا، وكان ســطحها الحر صغيرا جدا فإنها معرضة بشكل خطير لأن تكتسح الأمواج الضخمة أعلى هيكلها.

السرعة

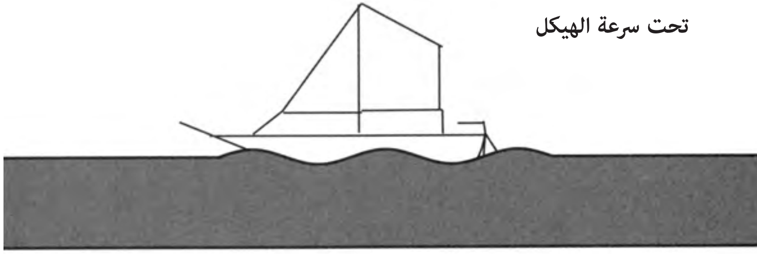
كلما كانت الســفينة أسرع، كانت كفاءة النقل أعلى، لكن هناك علاقة مقايضة بين سرعة السفينة وتوازنها. مع ملء الرياح لأشرعة سفينة ما، تبدأ بالتسارع، لكنها

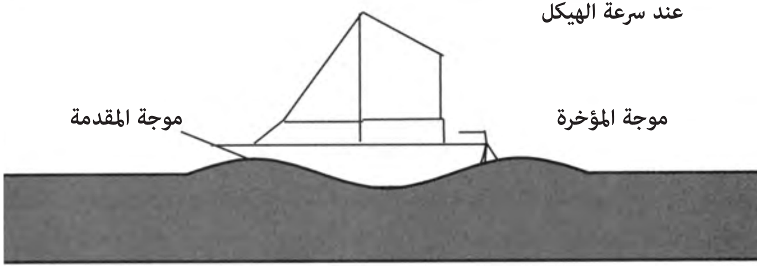
تبــدأ أيضا باختبار قوى تعيق حركتهــا إلى الأمام. تدعى محصلة هذه القوى «قوة الإعاقة» (drag)، والتي تزداد بزيادة السرعة. تصل السفن إلى سرعة التوازن عندما تكون القوى الدافعة مثل الرياح في الأشرعة تعادل قوة الإعاقة.

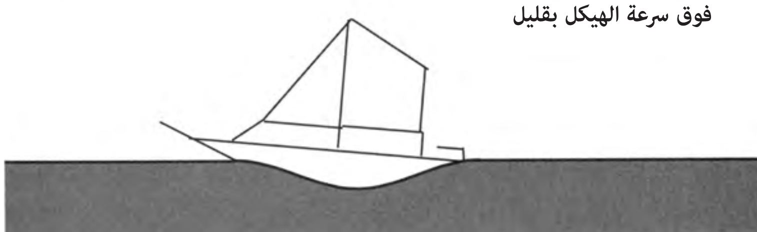
يزيح مركــب متحرك الماء إلى الجانبين. تتطلب عملية إزاحة الماء نفســها قوة وتخلق موجة. وكما ذكر في الفصل الثاني عشر، تعتمد سرعة موجة في المياه العميقة على طول موجتها. كلما كانت الموجة أطول كانت سرعتها أعلى. لو أسقطت حصاة في بركة ماء، فسيخلق الاصطدام بالماء عددا كبيرا من أطوال الأمواج في الوقت ذاته. تتمدد الأمواج الأطول بسرعة أكبر وتتبعها الأمواج الأقصر. بمعنى ما، تخلق مقدمة القــارب أمواجا بأطوال مختلفــة طوال الوقت، لكن هناك موجــة وحيدة تتحرك بسرعة القارب نفســها وتبقى مســايرة له. تدعى هذه الموجة أمام القارب بموجة المقدمــة. تنتــج مؤخرة (stern) القــارب موجة تدعى موجة المؤخــرة. وكالأمواج الأخرى، تضاف موجة المقدمة والمؤخرة إحداهما إلى الأخرى، أحيانا بطريقة بناءة، وأحيانا أخرى بطريقة هدامة.

عند سرعات بطيئة يكون طول موجة المقدمة وموجة المؤخرة قصيرا نسبيا، لكن مع تســارع القارب، يــزداد طول الأمواج المتحركة معه. هنــاك سرعة حرجة تدعى سرعة الهيكل (hull speed)، حينما يكون طول الموجة المنتجة في المقدمة والمؤخرة بطــول القارب تماما. عند سرعات أقل من سرعة الهيكل، من الســهل نســبيا زيادة السرعة، لكن عند سرعة قريبة من سرعة الهيكل تصبح قوة الإعاقة كبيرة جدا.

يظهر الشــكل (183) ثلاثة قوارب بثلاث سرعــات مختلفة. في الأعلى يكون القــارب بسرعة أقــل من سرعة الهيــكل بكثير، حيث تكون هنــاك عدة أطوال موجات بــين مقدمة القارب ومؤخرتــه. في المنتصف يكون القــارب عند سرعة الهيكل تماما، حيث يكون هناك طول موجة وحيد بين مقدمة القارب ومؤخرته. في الأســفل يتحرك القارب بسرعة أكبر من سرعــة الهيكل بقليل، على القارب أن يركب صعــودا فوق موجة مقدمــة القارب ليتحرك بأسرع مــن سرعة الهيكل. من النادر بالنســبة إلى معظم قوارب الإبحار أن تتجاوز سرعة الهيكل. في بعض الحالات يمكن لقوارب بهيكل مزدوج وبحمولة خفيفة (على ســبيل المثال زوارق سباق) أن تتجاوز سرعة الهيكل.







الشكل (183): قارب شراعي تحت سرعة الهيكل (أعلى) وعند سرعة الهيكل (وسط) وفوق سرعة الهيكل بقليل (أسفل).

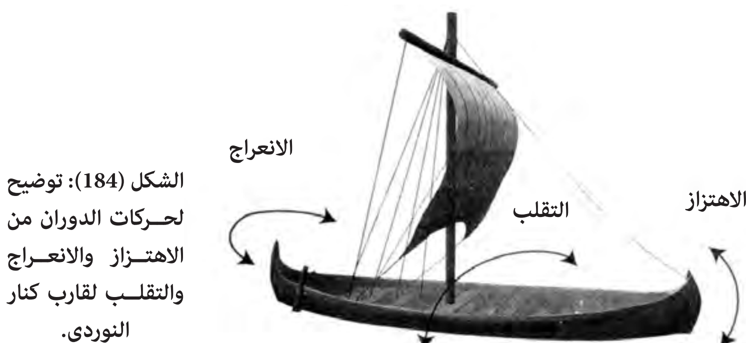
عندما تتجاوز سرعة القارب سرعة الهيكل، يدعى هذا «انزلاق» (planning): تنخفض قوة الإعاقة بشدة، وينزلق القارب فوق سطح الماء. يمكن لسحب الجاذبية أن يسرّع القارب أكثر من سرعة الهيكل، حيث يدعى في هذه الحالة «تزلج» (surfing). وبينما يمكن أن تكون هذه رياضة للمتزلجين على سطح الأمواج أو راكبي زوارق الكاياك الذين يجدفون بسرعة لالتقاط موجة ما ثم يركبونها، فإنها يمكن أن تكون خطرة بالنسبة إلى السفن في البحار العالية. لو التقطت موجة ضخمة قاربا من مؤخرته، فإن حركة التزلج الناجمة تجعل من الصعب قيادته في الغالب، ويمكن للبحار أن يفقد التحكم بزورقه.

إضافــة إلى تأثيرات أمواج المقدمة والمؤخرة يمكــن لعوامل أخرى أن تقرر سرعة الســفينة. تعمل مقدمة السفينة عمل وتد، يزيح الماء إلى الجانبين أثناء سير السفينة خلال الماء. كلما كان الوتد أضيق قلت القوة اللازمة لتحريك السفينة في الماء. خشونة هيكل الســفينة عامــل مهم آخر. مع تجاوز الماء للهيــكل، يمكن لقوى الاحتكاك بين الماء وهيكل الســفينة أن تبطئ الحركة. إضافة إلى ذلك تخلق دورات ضئيلة من الماء اضطرابا يخفف من سرعة القارب. هذه الاعتبارات جميعها تقود إلى نوع من معايير التصميم لسفينة أو قارب سريع:

- اجعل السفينة أطول ما يمكن
- اجعلها أضيق ما يمكن
- اجعل سطح هيكلها أنعم ما يمكن
- صمم مقدمة حادة للسفينة

التوازن

بعض أسرع القوارب تكون ضيقة. هياكل زوارق السباق نحيلة وطويلة. لكن هذا يأتي بكلفة ما. يعلم أي شــخص جلس في هيكل زورق سباق لأول مرة أنه شعر بعدم التــوازن، وأن الزورق كان قابلا للانقلاب. بصورة عامة يعطي الهيكل الأعرض للقارب توازنــا أكبر، لكن على حســاب السرعة. يعتمــد توازن القارب على كيفية اســتجابته لثلاثة أنواع محتملة من الدوران (الشكل 184). تعطى هذه الحركات أسماء مختلفة، حسب كيفية تحريك القارب في الأمواج، أو تحت تأثير القوى المختلفة:



الشكل (184): توضيح لحــركات الدوران من الاهتــزاز والانعــراج والتقلــب لقارب كنار النوردي.

اهتزاز (pitch): حركة المقدمة والمؤخرة للأعلى والأسفل. يهتز القارب عادة عندما يصــادف أمواجــا وجها لوجــه، أو أمواجا تأتي من الخلف (يدعى هــذا الموقف بحرا ملاحقا).

انعــراج (yaw): عندما تتحــرك مقدمة الســفينة يمينا وتتحرك مؤخرتها يســارا وبالعكــس. يحدث هذا غالبا عندما تضرب موجة ما القارب بزاوية 45 درجة (يدعى بحرا مائلا)(*).

تقلب (rolling): عندما تميل الســفينة حول محورها. ينشــأ هــذا الوضع غالبا عندما تضرب الأمواج طرفا واحدا من السفينة (فيما يدعى بحرا مواجها)(**).

ربما كانت الحركة الاهتزازية للسفينة أكثر الحركات شيوعا وأسهلها تحملا. لا تتأثر وجهة الســفينة بالاهتزاز وهي تتأرجح للأعلى والأســفل على سطوح الأمواج. عندما تبحر الســفينة في بحر مواجه، تميل إلى أن تتقلــب إلى الخلف والأمام. مثل الاهتزاز، لا يؤثــر التقلب على وجهة الســفينة لكنه قد يصبح مقلقــا لو أصبح كبيرا. إذا أصبح التقلب كبيرا جدا ربما تدفع السفينة إلى الجوانب، وهذا يدعى الميل (knockdown) أو ربما أسوأ إذ قد ينقلب القارب رأسا على عقب ويدعى انقلاب القارب (capsize). بالنسبة إلى الملاح فإن حركة الانعراج هي الأسوأ حيث تغير السفينة وجهتها باستمرار، مما يجعل من الصعب تصحيح مسارها.

مــا الذي يحدد توازن الســفينة؟ خــذ متزلجا يدور على الجليــد. لو كان ذراعاه ممدودتــين فإنه ســيدور ببطء، لكنه لا يكاد يضمهما إليه حتــى تزداد سرعة دورانه بشــكل كبير. يحدد وزن الســفينة والطريقة التي حمِّلت بها كيفية استجابتها للبحر. فكِّر في حركة ســفينة تحت تأثير الاهتزاز والانعراج، لو كانت السفينة طويلة وتحمل الكثير من البضائع الموضوعة في المقدمة والمؤخرة فإنها ســتصبح مثل المتزلج بذراعين ممدودتــين. أي حركــة اهتزازية ســتكون بطيئة. لو كانت الســفينة قصيرة ومحملة بالبضائع عند المركز، فستكون أكثر عرضة للاهتزاز والانعراج تحت تأثير الأمواج.

تؤثــر طريقة تحميل الســفينة أيضا على ســهولة قيادتها. لــو كان الوزن كله في المقدمة والمؤخرة، فسيكون من الصعب تدويرها، وستكون السفينة ثقيلة نسبيا. لكن

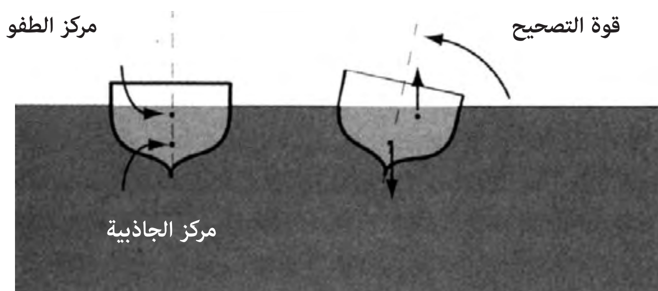
(*) Quartering sea : بحر مائل تتحرك أمواجه بزاوية 45 درجة من وجهة السفينة. [المترجم].

(**) Beam sea: بحر مواجهٌ تتحرك أمواجه متعامدة على وجهة السفينة. [المترجم].

إذا كان معظم الحمل قرب المركز فمن السهل تدويرها. الحمل الذي يجعل السفينة أكثر توازنا هو نفسه الذي يجعلها أصعب تدويرا. عندما تحمّل السفينة في مرفأ ما، على القبطان أن يهتم بالطريقة التي تحمل بها السفينة من مقدمتها إلى مؤخرتها والتي تدعى ملاءمة الشراع (trim)(*).

توازن السفينة تحت تأثير التقلب أكثر تعقيدا من الاهتزاز أو الانعراج. التشابه مع حركة متزلج على الجليد وذراعاه ممدودتان مازال صالحا جزئيا. السفينة بهيكل أعرض ستكون أكثر توازنا من أخرى بهيكل ضيق. المقايضة بين السرعة والتوازن هي اعتبار دائم لمصممي السفن.

تؤثر قوى الجاذبية والطفو أيضا في توازن السفينة تحت تأثير حركة التقلب. في الشكل (185)، يظهر ما يحدث لمركز الجاذبية ومركز الطفو أثناء تقلب السفينة. بالنسبة إلى سفينة محملة جيدا يجب أن تكون حمولتها كلها في الأسفل، بحيث لا تتقلب إلى الأمام وإلى الخلف مع انتقالها. يبقى مركز الجاذبية في الموقع نفسه بالنسبة إلى القارب أثناء تقلبه. من جهة أخرى، مع تقلب السفينة، يتغير موقع مركز الطفو: مع تقلب السفينة إلى اليمين، يكون الجزء الأكبر من الهيكل إلى اليمين مغمورا في الماء والأقل على اليسار، مما يزيح مركز الطفو إلى اليمين. يخلق انزياح مركز الطفو نسبة إلى مركز الجاذبية قوة مصححة تكبح بصورة طبيعية تقلب القارب.

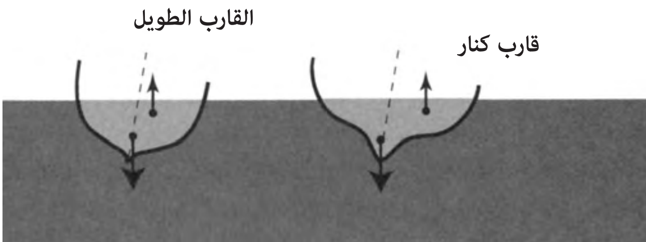


الشكل (185): قوة التصحيح لقارب يتأثر بحركة تقلب. يزاح مركز الطفو عموديا مع تقلب القارب. محصلة قوة الجاذبية في مركز كتلة القارب، وقوة الطفو على مركز الطفو تخلق قوة تصحح وضع القارب.

(*) Fore and aft : عبارة اصطلاحية تعني أنه على طول محور العارضة الرئيسة للقارب الشراعي. [المترجم] .

يمكن تحسين توازن القارب بعملية التثقيل (ballasting): إضافة أثقال بالقرب من العارضة الرئيسة لخفض مركز الجاذبية. كانت الأثقال غالبا على شكل حمل من الصخور، على الرغم من أن القوارب الحديثة تستخدم أحيانا الرصاص المبني ضمن العارضة الرئيسة.

يؤدي شكل الهيكل دورا أيضا في عملية التوازن. يحرف هيكل عريض ومستطيل الشكل مركز الطفو بشكل كبير، ويسهم في توازن السفينة. الهيكل الضيق والدائري أقل توازنا بكثير. في الشكل (186) أقارن بين توازن سفينتين نورديتين من العصور الوسطى: القارب الطويل (long boat) و«الكنار»(*). استخدمت القوارب الطويلة والضيقة عادة للهجوم السريع، بينما استخدم «الكنار» للنقل إلى مسافات بعيدة. بني الهيكلان في الشكل بناء على عملية ترميم أثرية لقوارب وجدت في روسكايلد فجورد في الدنمارك في متحف سفن الفايكنغ(4)، (5). عندما تقلب هذه القوارب بالزاوية نفسها، ينتج مزيج من عرض قارب الكنار وشكله انزياحا أكبر إلى مركز الطفو من القارب الطويل الضيق، مما يعطي قارب الكنار توازنا أفضل عند التقلب. لذا كان قارب الكنار أكثر ملاءمة للرحلات الطويلة عبر المحيط الأطلسي.



الشكل (186): يعتمد انزياح مركز الطفو لزاوية التقلب نفسها على شكل الهيكل. القارب الطويل والضيق للفايكنغ له قوة تصحيح أقل من الكنار العريض للرحلات البعيدة.

(*) knarr: نوع من السفن النوردية القديمة التي استُخدمت للرحلات البعيدة ونقل البضائع. [المترجم].

العوارض الرئيسة والانحراف

في الشــكل أعلاه يمكنك رؤية أن أسفل الهيكلين هو على شكل الحرف V. تساعد العارضة الرئيســة (keel) على شــق طريق القارب في اتجاه واحد. هذا الشــكل مهم خصوصا بالنســبة إلى القوارب الشراعية. القدرة عــلى الإبحار في أي اتجاه يرغب فيه البحــار تُحدد بالريــاح وإمكانات القارب. أحد أهم التطــورات في تقنية الإبحار هي القدرة على الإبحار ضد الريح بمساعدة شكل العارضة الرئيسة.

مع ازدياد سرعة السفينة، يعمل الشكل V للعارضة الرئيسة كسكين حادة تقطع في جســم الماء مقاومة القوى التي تدفع بالقــارب إلى الجانبين. وعندما تدعم بشراع يعمل كجناح، تسمح مقاومة الهيكل للقارب بأن يبحر ضد الريح. في الحالة القصوى ليخت ســباق حديث تمتد العارضة الرئيســة تحت القارب بمســافة كبيرة كي تحسِّن مــن كفاءة الإبحار ضد الريــح. يُدعى مقدار الانزياح إلى جانبــي القارب وهو يبحر «الانحراف» (leeway).

هياكل سفن مختارة

أناقش فيما يلي قوارب استُخدمت من قبل ثقافات مختلفة من حيث خصائصها وبناؤها. الوصف المفصل للقوارب القديمة هو علم مســتقل بحد ذاته: علم الآثار الملاحية. يمكنني فقط أن ألامس مقايضات التصميم التي واجهت ثقافات مختلفة، وكيف قاربت هذا الموضوع. يظهر الشــكل (187) ســتة أشــكال ممثلة للهياكل. بالقــرب من الهيــاكل أشرت إلى أرقام ممثلة لأطوالهــا وإزاحاتها وسرعات هياكلها النموذجيــة. مــن نافلة القول أنــه يمكن أن تكــون هناك اختلافــات كبيرة لهذه الخصائــص لأي نوع من أنواع هذه القوارب. أشــير إلى أطوال الهياكل في الشــكل، وهي ليست بالمقياس نفسه.

أسســت أشــكال هياكل الســفن النوردية وخصائصها على البقايا الأثرية من متحف ســفن الفايكنغ في روسكايلد وهي سفن سكولديليف. هيكل الدهو العربي يمثل عددا من القوارب المعاصرة ومواصفاتها. هيكل قارب الكاياك مبني على مثال جلب إلى أوروبا من قبل المستكشــف فريدجتوف نانسن. هيكل كوراك مبني على نســخة معاصرة من جزر أران (مقابل الشــاطئ الغربي لأيرلندا). قارب مداد جُزُر

الدهو العربي
إزاحة = 15 طنا
سرعة الهيكل = 7.3 عقدة
30 قدما

الكنار النوردي
إزاحة = 25 طنا
سرعة الهيكل = 9.5 عقدة
50 قدما

القارب النوردي الطويل
إزاحة = 25 طنا
سرعة الهيكل = 13 عقدة
90 قدما

الكوراك الأيرلندي
إزاحة = 500 رطل
سرعة الهيكل = 6 عقد
20 قدما

مداد جزر سانتا كروز
إزاحة = 300 رطل
سرعة الهيكل = 5.5 عقدة
17 قدما

مدا جزر سانتا كروز
إزاحة = 1 طن
سرعة الهيكل = 7.3 عقدة
30 قدما

الشـكل (187): أشـكال الهيكل للقوارب التي نوقشـت في النص. لاحظ أنها ليست بالمقياس نفسه، لكن طول الهيكل لكل منها معطى في الشكل.

سانتا كروز مبني على عدد من الأوصاف التي تعود من أيام القبطان جيمس كوك إلى الوقت الحالي.

قارب «الدهو»(*)

مـازال هذا القارب شـائعا على طول سـاحل أفريقيا الشرقي وشـبه الجزيرة العربيـة والخليج العربي. خلال حقبـة تجارة التوابل، سـمحت الطبيعة الفصلية

(*) الدهو Dhow: قارب عربي بشراع مثلثي أو أكثر استُخدم في بحر العرب والمحيط الهندي. [المترجم].

للمونســون للتجار العرب بالعثور على رياح ملائمة للقيام برحلات بين الهند وشبه الجزيرة العربية.

صمم هيكل «الدهو» المبين في الشــكل (187) للتجارة في البحار العميقة. بطول ثلاثين قدما، لديه سرعة هيكل 73 عقدة. الهيكل العريض يعطيه توازنا جيدا وإزاحة مــاء بمقدار 15 طنا تمكنه من حمل كمية معقولة من البضائع. هناك قوارب «دهو» أخرى لها مقدمة ومؤخرة أكثر انحناء، بينما تمتلك هذه النسخة مؤخرة مربعة الشكل ربمــا تأثرت بالتصاميم البرتغاليــة أو التصاميم الأوروبية الأخرى. تمتلك قوارب الدهو المســتخدمة على ســاحل أفريقيا الشرقية إزاحة تعادل 60 طنا. تســتخدم تقنية بناء شــائعة ألواحا من الخشب يُربط بعضها مع بعض بالحبال لصنع الهيكل، وهي تقنية تعود إلى المصريين القدماء حيث تغمس الحبال بين الشــقوق. توضع أطراف الألواح بعضها مع بعض. تعالج أطراف كل من الألواح والحبال بمزيج من ألياف مطلية بالقار أو اللحاء مانعة للماء.

«الكنار»

كان الكنــار (knarr) حصان العمل للتجارة النوردية جاعلا طرق التجارة الطويلة، التي ازدهرت عبر أوروبا وشــمال الأطلسي في عصر الفايكنغ (نحو 800 م إلى 1300م)، أمرا ممكنا. وبطول 50 قدما كانت لهذه السفن سرعة هيكل نظرية تعادل 9.5 عقدة، وإزاحــة ماء يعــادل 25 طنا. كانت تبحر بشراع مربع الشــكل، وكانت مزودة بعارضة رئيسة على شكل الحرف V ربما لتقليل الانحراف. أعطاها هيكلها العريض توازنا جيدا ضد عواصف شمال المحيط الأطلسي. وحتى بتوازن جيد للهيكل فإن الرحلة إلى آيسلاندا أو غرينلاند في قارب مفتوح كانت مرعبة نظرا إلى شدة الطقس في تلك المنطقة.

بُنيت هياكل ســفن الكنار بأســلوب يُدعى «الخَبَث» (clinker)، حيث وُضعت ألواح خشــبية من عارضة السفينة الرئيسة إلى الأعلى بألواح تغطي الألواح المتجاورة. اســتُخدمت مســامير حديدية لوصل الألواح بعضها ببعض. عــثر التنقيب الأثري في موقع لانز أو ميدوز في نيوفاوندلاند على بقايا عملية إصلاح لقوارب نوردية. استخرج الســكان الحديد الخام المحلي، ثم صهروه وصنَّعوه على شــكل مســامير لاســتبدال المسامير التي تصدأ في مياه المحيط المالحة[7].

ويوضع الطحلب المنقوع في القطران في الشقوق لجعل الهيكل مانعا للماء. تضاف أطر عرضية بعد بناء الهيكل. يسمح التصميم للكنار بأن تنحني قليلا تحت تأثير البحار العاصفة بدل أن تتفاعل بصلابة ضد الأمواج.

استخدم النورديون دفة قيادة، وهي لوح طويل يمتد إلى الماء من الطرف الأيمن للقارب. بتعديل زاوية لوح القيادة أمكن للملاح أن يحافظ على مسار القارب أو يغيره. في كثير من الأحيان عمل لوح القيادة عمل جناح، مولدا قوة مماثلة لقوة رفع جناح لتحريك مؤخرة القارب إلى اليمين أو اليسار بحسب توجه السفينة. وضع لوح القيادة بحسب الاصطلاح على الطرف الأيمن من القارب. عند جلب القارب إلى الرسو أو التفريغ على اليابسة حوفظ على لوح القيادة في الماء، وفرغ القارب من الطرف الأيسر أو طرف المرفأ. هذا الإجراء هو أصل المصطلحين (port) لليسار ولوح قيادة (starboard) لليمين.

القارب الطويل

كما بالنسبة إلى قارب الكنار، فإن معرفتنا الأساسية بالقارب الطويل (longboat) النوردي تعود إلى التنقيبات الأثرية. كما يوحي الاسم، يمكن للقارب الطويل أن يكون طويلا جدا حتى مائة قدم مع هيكل ضيق. بسبب طوله وضيقه فإن له سرعة هيكل نظرية عالية تصل حتى 13 عقدة. بواسطة قوة الريح والقوة البشرية ربما كان أسرع قارب عبر مياه شمال أوروبا خلال عصر الفايكنغ. يقترح ضيق هيكله أنه لم يكن موثوقا للإبحار في عواصف شمال الأطلسي، وبالتالي ربما استخدم كقارب للقتال أكثر مما استخدم للتجارة.

مثل الكنار بني القارب الطويل بطريقة الـ clinker. على الرغم من أن القوارب كانت طويلة جدا كان لها غوص ضئيل، مما سمح لها بأن تبحر في مياه ضحلة، بما في ذلك مصبات الأنهار مما ساعد على استخدامها كقوارب للإغارة. وصفت القوارب الطويلة في بيو تابيستري أثناء الاجتياح النورماندي لإنجلترا.

قارب الكوراك(*)

الكوراك الأيرلندي تصميم أقدم من الكنار. تشير السجلات التاريخية إلى وجود

(*) currach: قارب صغير مدور يُصنع من القش أو الشرائح المغطاة بطبقة مانعة للماء من جلد الحيوان أو النسيج. [المترجم].

تجارة أيرلندية في رحلات بعيدة المدى. بحسب آيسلانديغابوك المنسوب أري ثورغيليسون فقد صادف أوائل المستوطنين النورديين لآيسلاندا أيرلنديين استوطنوا مسبقا هناك. هناك قصة مشهورة عن رحلات الأيرلنديين في المحيط وهي قصة القديس بريندان (نحو 500م) الذي أبحر بقارب مع حجاج للبحث عن جزيرة الجنة. في قصة القديس بريندان هناك ذكر لعدد من الخصائص التي كانت غير شائعة بالنسبة إلى معظم الأيرلنديين في ذلك الوقت، لكنها اقترحت معرفة بشمال الأطلسي.

في القصة يعثر الأيرلنديون على جزيرة بجبل ناري – ربما كانت آيسلاندا - ويرون بحرا متخثرا ربما كان شمال الأطلسي المتجمد، ويرون «أعمدة بلورية» – ربما كانت ألواح الجليد. نسجت هذه الخصائص حول حوادث أسطورية، مثل العثور على يهوذا على صخرة باردة، حيث أعفي فترة مؤقتة من الجحيم. من مخطط لاتيني (نحو 800م) عن رحلات القديس بريندان هناك وصف لبنائه قاربا مصنوعا من الخشب، ومغطى بالجلد يتطابق جيدا مع أوصاف أحدث قوارب الكوراك:

> طلى القديس بريندان خيمته على طرف الجبل الممتد حتى المحيط، في مكان يُدعى «مقعد بريندان» في مكان يمكن لقارب واحد أن يدخل إليه. حصل القديس بريندان ومرافقوه على أدوات حديدية وبنوا سفينة عالية بألواح خشبية وبغطاء خشبي كما هو معروف في تلك المناطق. غطوها بجلود الثيران المطلية بلحاء الشجر أو بالبلوط، ولطّخوا وصلات الجلود من الخارج بالشحم. حملوا إلى السفينة جلودا لصنع سفينتين أخريين ومؤونة لأربعين يوما، وشحما لتحضير الجلود لتغطية السفينة، وأشياء أخرى لازمة للحياة البشرية. وضعوا أيضا سارية في منتصف السفينة وشراعا ولوازم أخرى لتوجيه السفينة[8].

كان الكوراك هو القارب المفضل للأيرلنديين، وكان هناك قارب قريب منه في بريطانيا يُدعى «أوراكل» (Oracle). كان للكوراك الأول إطار خشبي مغطى بالجلد، ويمكن دفعه بواسطة البشر والرياح. لا يكاد يجمع، حتى تغطى الوصلات بشحم حيواني. يمكننا أن ننظر إلى نسخ حديثة للكوراك فقط حتى نحصل على فكرة عن التصميم المحتمل. هي قوارب صغيرة وتفتقر إلى العارضة الرئيسة، مما يشير إلى أن تقليل الانحراف لم يكن عاملا قويا. بهيكل ضيق نوعا ما ومدور تشير النماذج الحديثة إلى أن استخدامها الرئيس كان في الملاحة بالقرب من السواحل. كانت الرحلة

إلى آيســلاندا تشكل مخاطرة كبيرة. يظهر الشــكل (187) هيكلا لكوراك تقليدي من جزر آران. بطول 20 قدما، كانت له سرعة هيكل نحو 6 عقد وإزاحة مائية محدودة.

قارب الكاياك

الكاياك (kayak) عبارة عن قارب صغير اســتُخدم للصيد والنقل من قبل الأنويت على مدى يمتد من ألاســكا إلى غرينلاند. اســتحق المستكشــف النرويجي فريدجتوف نانسن معظم التقدير لجعل الكاياك مشهورا في الغرب. صُنعت الكاياك التقليدية من جلد الفقمة وحصان البحر، والتي تغطي إطارا صُمم من قطع خشبية منجرفة وعظام. يربــط الإطار أولا بعضه مع بعــض بأوتار. تخاط الجلود في قطعة واحدة، ثم يمد هذا الغــلاف فوق الإطار ويخاط في المكان، وأخيرا يُجعل مانعا للماء بدهنه بزيت الفقمة. تذكرنا تقنية البناء بقوارب الكوراك، على الرغم من أن شكل الهيكل مختلف تماما.

يخفض عرض الكاياك الضيق بالمقارنة مع طوله من حركة الانعراج، مما يجعل من السهل التجديف مسافات بعيدة، ويقلل الإعاقة من ناحية أخرى، لكن الهيكل المدور الضيــق يجعله عرضة للتقلب. ليس من المســتغرب أن يطور الأنويت مهارة عالية في التجديــف. الإطار (brace) هو المناورة التي تســمح للمجدف بتصحيح وضع الكاياك إذا بــدأ بالانقــلاب. في الحالة القصــوى عندما ينقلب الزورق رأســا على عقب، يمكن للأنويت تصحيح وضع الزورق بمجهــود قليل. كان بعض أنويت غرينلاند واثقين جدا بمهاراتهم بحيث كانوا يخيطون ثيابهم في قمرة الزورق لتقليل تعرضها للماء البارد.

يأتي الهيكل الممثل في الشكل لزورق كاياك من غرينلاند. جلبه نانسن عند عودته إلى النرويج بطول 17 قدما وبسرعة هيكل بحدود 5.5 عقدة. تأتي النسخ الحديثة من الكاياك بالأشكال والأحجام جميعها، وتُستخدم للرياضة بشكل رئيس.

مداد جزر المحيط الهادئ(*)

كان الكثير من قوارب الإبحار التي استُخدمت في رحلات جزر المحيط الهادئ التقليدية مزدوجــة الهيكل. لهذا التصميم عدد من المزايــا. يقلل هيكلان ضيقان من التعرض لحركة

(*) Outrigger: هيكل طويل وصلب ونحيف يضاف إلى موازنة هيكل رئيس غير متوازن. [المترجم].

الانعراج، مما يسمح للقارب بأن يبحر بمسار مستقيم. إضافة إلى ذلك، يعطي فصل الهيكلين أحدهــما عن الآخــر توازنا جيدا بقوة تصحيــح قوية تكبح ميل القــارب للتقلب إلى أحد الطرفين بتأثير الرياح. المدَاد المبين في الشكل (187) هو تصميم من جزر سانتا كروز في جزر سولومون الشرقية، لكنه نموذج للعديد من القوارب التي وُجدت خلال المحيط الهادئ.

عندمــا يكون القارب مبحرا، يحافظ على المداد باتجــاه الرياح. يوازن وزنُه قوة الريح عــلى الشراع، مما يحفــظ القارب في وضعه المنتصب. تعجــب الأوروبيون الغربيون الذين شــاهدوا المداد لأول مرة من قدراته. ذكرت تقديرات للسرعة تزيد على 18 عقدة[9]. على الرغــم من أن سرعة الهيكل لقــارب بطول ثلاثين قدما هي بحــدود 7.3 عقدة، فإن قاربا بهيكلين وقليل الحمولة يمكنه أن يبحر مع ريح قوية أسرع من ذلك.

صنعــت هذه القوارب بعدد من تقنيات البناء. في بعض الحالات صممت الهياكل من جذع واحد، وفي حالات أخرى يذكّرنا بناء هيكل قارب الدهو خصوصا بعملية بناء القوارب الكبيرة. اســتُخدمت أعواد خبز الفاكهة وأخشــاب أخرى لصنع ألواح الهيكل. اســتُخدمت القشرة المرنة الخارجية لجوز الهند كســدة، واســتُخدم نســغ خبز الفاكهة المسخن كمانع للماء عن الهيكل. توضع الألواح في البداية في مكانها مع حشــوات وأوتاد. لا يكاد النســغ يجف حتى يســتخدم حبل مصنوع من قشر جوز الهند يُدعى «ســينيت» (sennit) لربط ألــواح الهيكل بعضها مع بعض. مثــل عملية بناء هيكل الدهــو، لا تغطي الألواح بعضها بعضــا، لكنها تلتصــق بعضها مع بعض بإحــكام. يُربط الهيكل الرئيس والمــداد معا بلوح يربطهما معا.

عــلى الرغم من أن لتصميم الهيكل المزدوج ميزات واضحة، فإن هناك مســاوئ أيضا. في البحار الشــديدة توضع ضغوط شــديدة على الأعمدة والروابط التي تربط الهيكلين كلا منهــما بالآخــر، مما قد يؤدي إلى انفصالهما. يتمثل أحد الحلــول في قوارب لرحلات بعيدة المدى في استخدام هيكلين ضخمين مربوطين معا.

باســتثناء الكاياك، فقد اســتُخدمت الهياكل التي وصفتها مسبقا مع الأشرعة لتعطي البحارة حرية كبيرة في القيام برحلات بعيدة المدى. لتصميم الأشرعة، الذي ســيناقَش فيما يلي، أهمية تعادل أهمية شــكل الهيكل بالنســبة إلى الرحلات. إتقان البشر لحركية الموائع (fluid dynamics) كهبــوب الرياح فوق الســطح هي قصة مثــيرة، خصوصا أنه لم تظهر نظرية فيزيائية تصف هذا التفاعل حتى القرن العشرين.

16

ضد الريح

على الرغم من أن أقدم القوارب المائية كانت بالتأكيـد تدفع من البشر، فـإن هذا فرض قيدا طبيعيا على الرحلات. يمكـن للبشر أن يجدفوا أو يدفعوا القارب مسـافة مـا قبل أن يحتاجوا إلى الراحـة. لـو كانت هناك حاجـة إلى طاقم كبـير ليجدفـوا قاربا محمـلا بالبضائع، فيجب إطعامهـم، ويجب بذل بعض جهودهم في نقل الطعام. من ناحية أخرى، لو أمكن تطويع الريح لدفـع قارب، فسـيحتاج إلى طاقم أصغر بكثير: طاقم يعتني بالأشرعـة والقيادة والملاحة فقط. القيد الطبيعي على الإبحار مسافات بعيدة، هو طبيعـة الرحلة المغلقة التي قد تتطلب مغادرة أو عودة ضد الرياح السائدة.

كما ناقشـت في الفصل الأول، بدأ شـعب اللابيتـا هجرتـه إلى شرق المحيـط الهادئ منذ 3600 سـنة عـلى الأقل من أرخبيل بيسـمارك لبابوا غينيا الجديدة. تمـت الهجرة ضد الرياح التجارية السـائدة، مما يعني أن اللابيتا امتلكوا

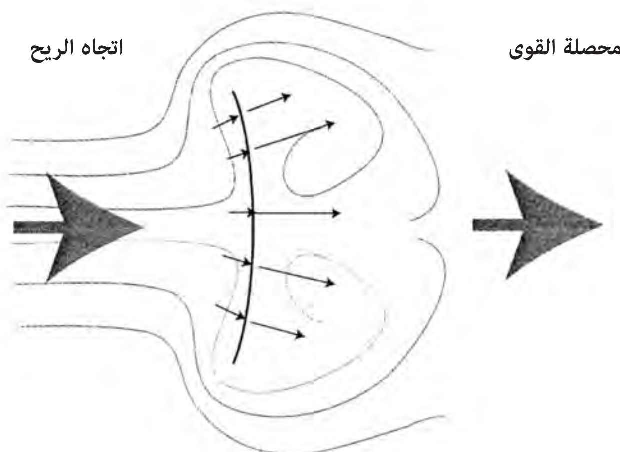
«من المهم ملاحظة أن المرء يمكنه الإبحـار ضد الريـح بزاوية معينة فقط»

قــوارب قادرة على الإبحــار ضد الرياح. يلاحــظ غوفري إرفــين أن القيام برحلات استطلاعية ضد الرياح هي إســتراتيجية معقولة. لو بدأت رحلة استكشافية ما ضد الريــاح، فإن العودة إلى المرفأ الأصلي ســتكون مع الرياح، وبالتالي ســتكون العودة الآمنة أكثر احتمالا[1]. لكن رحلات النورديين شرقا من آيســلاندا وغرينلاند وأمريكا الشــمالية قاومت الرياح الشرقية الســائدة. بصورة عامة يمكن للبحارة أن ينتظروا رياحا ملائمة قبل التحرك في رحلة إلى وجهة معلومة، لكن الانطلاق إلى المجهول من دون إستراتيجية عودة معقولة هو اقتراح غير مأمون العواقب.

توحــي القدرة على الإبحار ضد الرياح بتوافر مزيج متطور من تصاميم الهيكل والأشرعــة. على الرغم من أن ملامــح الإبحار ضد الريح قد تبدو واضحة، فإن هناك تعقيدات ربما تغيب عن القارئ العادي. حتى أفضل تصميم لقارب شراعي سيختبر انزياحا إلى أحد الجانبين عندما يمضي ضد الريح. يســمى هذا «انحرافا» (leeway). عندما يحســب ملاح عــلى قارب شراعي موقعــه بعملية التخمــين الصائب، عليه أن يدخــل هذا الانحراف في حســاباته للحصول على تقديــر صحيح لموقعه. تقدير الانحــراف فن قائم بذاتــه. فهو يعتمد على القارب وشــدة الريــاح والزاوية التي يصنعها معها.

من الســهل فهم الإبحار مع الريح (downwind). يمكن لأي شــخص يمســك بمظلة فوق رأســه في ريح قوية أن يقدر هذا المبدأ. في الشــكل (188) أُوضح ريحا آتية من الخلف تضرب شراعا. تنحرف الريح حول الشراع. وحسب قوانين نيوتن في الحركة «لكل فعل رد فعل يســاويه ويعاكســه». للهواء كتلة، ويخلق انحرافه حول الشراع قوة رد فعل في الشراع تنتقل للأســفل عبر الصارية ومنها إلى هيكل السفينة. تدفع قوة رد الفعل القارب الشراعي إلى الأمام.

باســتبعاد الســؤال حول كيفية تصميم شراع وقارب قادريــن على الإبحار ضد الريــاح الآن، من المهم ملاحظة أن المرء يمكنه الإبحارضد الريح بزاوية معينة فقط. تعتمد أقرب زاوية يمكن لقارب أن يصنعها مع الريح على عدد من العوامل المتعلقة بتصميــم الهيكل والشراع. لكــن بعد قول هذا ألاحظ أن القيود على الزاوية، توحي بأن البحار لا يمكنه غالبا سلوك طريق مستقيم ضد الريح، لكن عليه بالأحرى سلوك طريق متعرج في عملية دعيت «التعرج» (tacking) (الشكل 189).

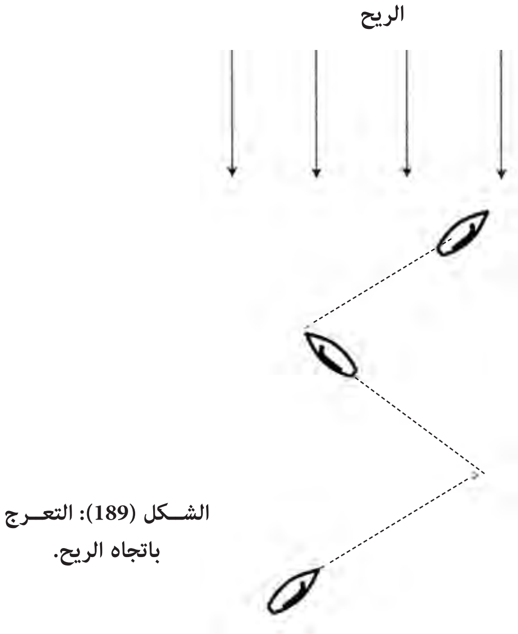


الشــكل (188): القــوة المولدة من ريح مباشرة على شراع مربع الشــكل. رد الفعل المتولد من الريح ينحرف حول الشراع ليعطي محصلة قوى تنتقل عبر الصارية إلى القارب نفسه.

بينــما يكــون الطريق المتعرج متعبا نوعا ما ومســتهلكا للوقــت، فإنه يفيد في عمليات الاســتطلاع. حيث تغطى مســاحة أكبر بالانتقال بخط متعرج من الانتقال بخط مستقيم. لو وقعت جزيرة صغيرة باتجاه الريح، فالأكثر احتمالا أن يرسو البحار عليها في إحدى تعرجاته بدلا من الانتقال بمسار مستقيم ضد الريح.

الرفع

هناك قرابة شــديدة بين الأجنحة والأشرعة ودفات القيادة فيما يتعلق بطبيعة تدفق الهواء والماء عبر سطوحها. بصورة عامة تعمل هذه الأدوات عن طريق توليد نــوع من القــوة تدعى قوة الرفع (lift) تســتخدم للطيران والإبحــار باتجاه الريح وتوجيــه القارب. لفهم كيفية عملها، ســأركّز على كيفية توليــد الأجنحة للرفع، ثم أتوجــه بعد ذلك إلى الأشرعة. يأتي علم تدفق الماء والهواء عبر الأجســام من نظرية أشمل تدعى حركية الموائع. حيث يعتبر الماء والهواء كلاهما مائعين.



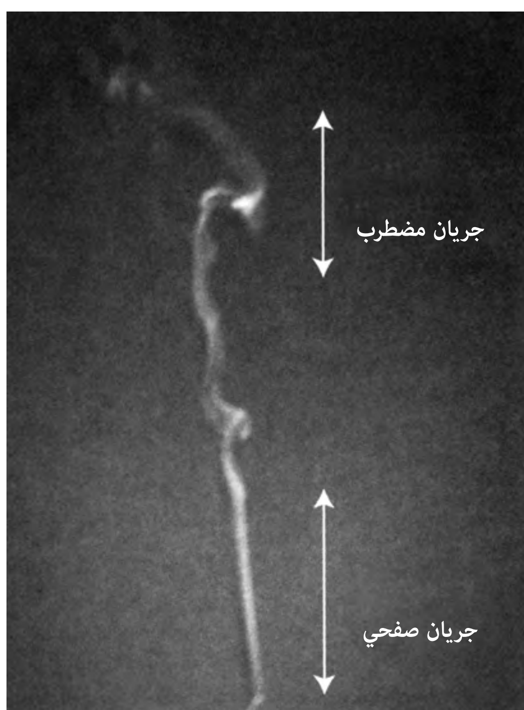
الشكل (189): التعرج باتجاه الريح.

نتكلم عادة عن تدفق الهواء كتيار حيث يمكننا تتبع مسارات جزيئات الهواء بطريقة قابلة للتنبؤ. المسارات التي يتبعها الهواء تدعى خطوط التدفق (streamlines). هذا النوع من الجريان يدعى الجريان الصفحي (laminar). عندما تتحرك الريح بسرعة فوق سطح ما، أو يكون هناك تغير في السرعة من مكان إلى آخر، تصبح في بعض الأحيان عشوائية أو مضطربة (turbulent): تدور في دوامات إيدي. في الجريان المضطرب ليس هناك تدفق خطي محدد، على رغم أننا قد نتمكن من التقاط لحظات مؤقتة يحدث فيها التدفق على شكل خطوط. تتغير الدوامات والتموجات للجريان المضطرب بشكل دائم. في الشكل (190) أبين صورة لعمود صاعد من الدخان. عندما يصعد في البداية يكون في حالة الجريان الصفحي، ثم يصبح التدفق متموجا وغير مستقر في حالة انتقالية، وأخيرا يصبح مضطربا.

تدفع القوة الدافعة للمحرك الطائرة نحو الأمام. عندما يتحرك جناح الطائرة خلال الهواء، فإنه يولّد قوة رافعة. يخلق تدفق الهواء أعلى الجناح وأسفله منطقة

ضغط منخفض في أعلى الجناح، ومنطقة ضغط مرتفع في أسفله. يولّد فرق الضغط بين أعلى الجناح وأسفله قوة ترفعه نحو الأعلى. من السهل أن نصف أولا مبدأ الرفع لجناح، ثم نصف بعد ذلك طريقة عمله بالنسبة إلى شراع.

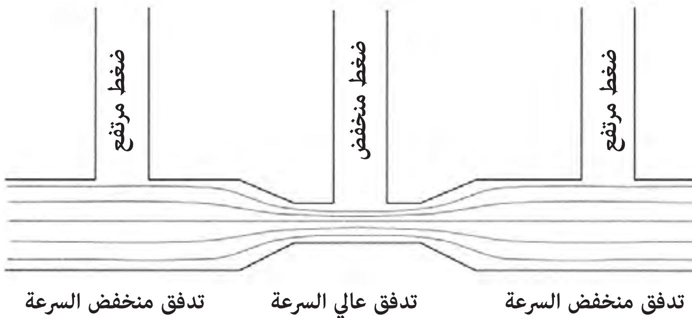
يستغل الرفع في الأجنحة خاصة من خواص تدفق الهواء وصفت لأول مرة من قبل العالم السويسري دانييل برنولي في القرن الثامن عشر. في الشكل (191) أبين تدفق الهواء خلال أنبوب يحتوي على اختناق. حيث يمثل التدفق على شكل خطوط تدفق. عندما تكون خطوط التدفق متباعدة، يتحرك الهواء ببطء، لكن عندما تجبر خطوط التدفق على المرور خلال اختناق فإن سرعة التدفق تزداد. يقاس الضغط في الجزأين العريضين من الأنبوب، وفي منتصف الاختناق. كان برنولي أول من أشار إلى أن الضغط أخفض في مناطق يكون فيها تدفق الهواء أسرع، وأنه أعلى في مناطق



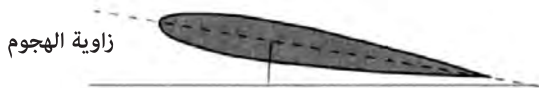
الشكل (190): صورة لعمود من الدخان الصاعد حيث يشار إلى الجريان الصفحي والمضطرب.

يكون فيها تدفق الهواء أبطأ. بحسب مبدأ برنولي، يكون الضغط في المنطقة الضيقة مــن الأنبوب أقل من الضغط في المنطقة العريضة عــلى الطرفين. لو ألصقت جهازا لقيــاس الضغــط بين المناطق المحصــورة وغير المحصورة فســأجد أن هناك فرقا في الضغط بينها.

للأجنحة حافة منحنية في مقدمتها وأخرى حادة في مؤخرتها. وهو تصميم مهم لخلق قوة الرفع. عندما يبدأ الجناح بالتحرك خلال الهواء، يحدث عدد من الحوادث الانتقاليــة التــي تنتج في النهاية تدفق الهواء الذي يعطــي قوة الرفع. يصبح تدفق الهواء فوق السطح العلوي للجناح أسرع في النهاية من تدفقه على السطح السفلي. في الحالة الثابتة (steady state) هذه، يخبرنا مبدأ برنولي أن هناك ضغطا أعلى على أســفل الجناح من أعلاه، وأن هناك قوة محصلة تتجه إلى الأعلى أو قوة رفع. تطور تدفق الهواء هذا ينجم في المقام الأول عن شــكل الجناح وخصائص أخرى للهواء لم تفهــم تماما حتى أوائل القرن العشريــن. لاختبار قوة الرفع، يجب أن يكون الجناح مائلا نحو الأعلى قليــلا بزاوية تدعى زاوية الهجوم (Attack Angle) كما هو مبين في الشكل (192).



الشكل (191): مبدأ برنولي في تدفق الهواء: عندما يتحرك الهواء بسرعة يكون ضغطه منخفضا، وعندما يتحرك ببطء يكون ضغطه مرتفعا.

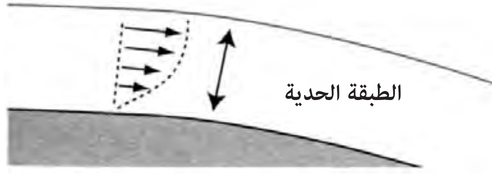


الشكل (192): الخصائص المميزة لجناح بحافة أمامية مدورة وحافة خلفية حادة. زاوية الهجوم مفترضة بالنسبة إلى اتجاه الطيران.

يشمل توليد تدفق الهواء اللازم للرفع خاصة للهواء تدعى «اللزوجة» (Viscosity). بعبارات بسيطة فإن اللزوجة هي «التصاقية» المائع، حيث أدخل الهواء ضمن الموائع هنا. كلما كانت اللزوجة أعلى، كان المائع أكثر التصاقية. على سبيل المثال، للزيت وقطر القيقب لزوجة أعلى من الماء. تؤدي اللزوجة دورا مهما في طريقة هبوب الهواء حول الأشرعة، وخلق الرفع في الأجنحة. يلتصق الهواء الموجود على سطح الجناح مباشرة على السطح، مشكلا طبقة نحيفة، تدعى «الطبقة الحدية» (layer boundary) (الشكل 193). بعد الطبقة الحدية، يمكن للمائع أن يتدفق ببعض السرعة، ويشكل خطوط تدفق.

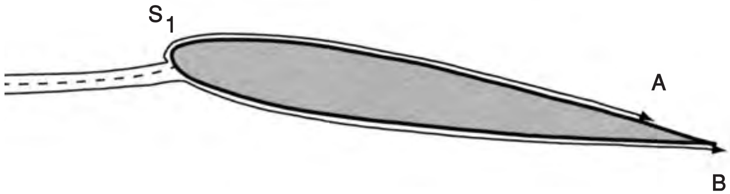
عندما يبدأ جناح ما في الحركة، يكون تدفق الهواء حوله مشابها لذاك المبين في الشكل (194). تمثل النقطة S1 النقطة الفاصلة بين هواء يتدفق أعلى الجناح وهواء يتدفق أسفله. تدعى هذه النقطة غالبا نقطة السكون (stagnation point). بسبب لزوجة الهواء، ينتقل الهواء في الطبقة الحدية على الجناح بالسرعة نفسها سواء أكان في أعلى الجناح أم في أسفله. المسار من S1 فوق أعلى الجناح إلى الحافة الخلفية أطول من المسار من S1 على طول أسفل الجناح إلى الحافة الخلفية. ينجم هذا عن وجود زاوية الهجوم. يمكننا مقارنة مساري جزيئين من الهواء يبدآن من S1 في الوقت ذاته، حيث يسير أحدهما على السطح العلوي من الجناح، ويسير الآخر على السطح السفلي منه. بما أنهما يسيران بالسرعة ذاتها، فإنه بينما يصل الجزيء الذي يسير أسفل سطح الجناح إلى الحافة الخلفية (النقطة B في الشكل) يكون الجزيء على السطح العلوي للجناح في مكان ما منه (النقطة A في الشكل).

يحدث شيئان للهواء المتدفق على الجناح عند الحافة الخلفية. لو لم يكن للهواء كثافة على الإطلاق، لأمكن للتدفق على السطح السفلي أن يلتف بسهولة حول

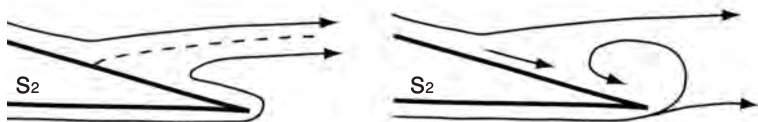


الشكل (193): تخلق سرعة الهواء المتدفق فوق سطح ما طبقة حدية، حيث تكون سرعة الهواء على السطح مباشرة مساوية للصفر، لكن السرعة تزداد بالابتعاد عن السطح.

الزاويـة الحادة للجناح، ويلتقـي بالهواء المتدفق على السـطح العلوي. لا يكادان يلتقيان عند السـطح العلوي، حتى يتأخرا بنقطة ساكنة أخرى على السطح العلوي، كما هو مبين على الجانب الأيسر من الشـكل (195). تجعل الكثافة المحددة للهواء (أو كتلته) من المسـتحيل عليه أن يدور تماما حول الزاوية الحادة للحافة الخلفية. «يحـاول» أن يلف الزاوية، لكنه مثـل دراجة نارية سريعة تلف زاوية ما، يمكنه أن يلتف بنصف قطر محدد فقط. وبالمثل، يلتصق الهواء المتدفق على السطح العلوي بالسـطح، ولا يمكنه بسـهولة الانفصال عنه، ويتحرك نحـو الحافة الخلفية، كما في الجانب الأيمن من الشكل (195). يدور الهواء من السطح السفلي بدوار صغير، يقع خلف الجناح، مما يسمح للهواء على السطح العلوي بأن يقطع المسافة بكاملها إلى الحافة الخلفية للجناح.



الشكل (194): تدفق الهواء حول جناح عندما يبدأ بالحركة. يتحرك الهواء بالسرعة ذاتها، لكن الهواء الذي يجري في الأعلى عليه أن يقطع مسافة أطول ليصل إلى الحافة الخلفية للجناح.



الشـــكل (195): تدفق الهواء قرب الحافة الخلفية الحـــادة للجناح. إذا لم تكن هناك عطالة أو لزوجة، فسيلف الهواء حول الزاوية، لكنه في الحقيقة لن يستطيع، وبالتالي يخلق دوارا.

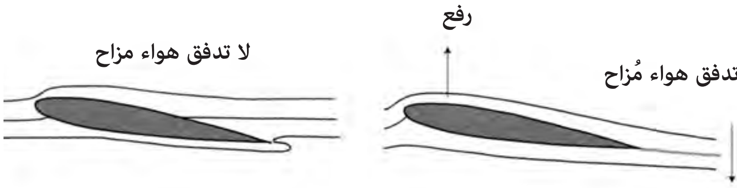
النهايــة الحادة من الجنــاح، مع لزوجة الهواء، وكثافتــه المحدودة كلها، تخلق ظرفا يصل فيه الهواء المتدفق على السطح العلوي وعلى السطح السفلي إلى النهاية الحادة في الوقت نفســه. كي يحدث هذا، يجب أن تكون سرعة الهواء المتدفق على الســطح العلوي من الجناح أعلى من الهواء على الســطح الســفلي. وهنا يأتي دور مبدأ برنولي. يكون الضغط أعلى على السطح السفلي من الجناح حيث سرعة تدفق الهــواء أقل، بينما يكون الضغط أقل على الســطح العلوي حيث تكون سرعة تدفق الهواء أعلى. يخلق فرق الضغط بين السطحين قوة الرفع للجناح. من أجل أن يكون هناك فرق في سرعة تدفق الهواء بين السطح العُلوي والسفلي، يجب أن تكون هناك محصلــة انحراف للهواء من الجناح نحو الأســفل. يبين هــذا في الجانب الأيمن من الشكل (196). تسبب محصلة انزياح الهواء للأسفل قوة رد فعل تقوم بالرفع. على الجانب الأيسر من الشــكل (196)، يمكنك رؤية ما سيكون عليه شكل تدفق الهواء حــول الجناح لو كانت كثافة الهواء ولزوجته صفــرا. لا يوجد انزياح لتدفق الهواء، وليست هناك قوة رفع.

إذا كان الرفــع هو المــلاك، فالإعاقة هي الشــيطان. كلاهما ناجــم عن القوى الميكروية العاملة نفســها التي تجمعها معا في مفاهيم مثل «اللزوجة» و«الكثافة». تخلــق التصاقية الهواء المتدفق فوق الجناح بشــكل طبيعي احتكاكا، يعيق الحركة للأمام. هناك حتى قوة أكثر سوءا لخلق الإعاقة: الاضطراب. مادامت الطبقة الحدية ملتصقة بالجناح، يكون الجريان فوق الجناح صفحيا - أي إنه جريان منتظم، ويمكن وصفه بخطوط تدفق مســتقيمة. لكن لو ازدادت زاوية الهجوم فوق نقطة حرجة معينة، فستنفصل الطبقة الحدية من السطح، وستحدث رغوة مضطربة من الهواء

الـدوار. منطقـة الرغوة الدوارة هذه ذات ضغط منخفض جدا، وسـوف تسـحب الجناح إلى الخلف. تدعى هذه الحالة «توقفا» (stall) في الطائرات.

الأشرعة كأجنحة

يمكـن للأشرعة أن تعمل مثـل الأجنحة، خاصة إذا كانت لهـا حافة منحنية في المقدمـة، وحافة حـادة في المؤخرة. يمكـن لعارضة تحمل الـشراع وتدعى «حامل الشراع» (yard) مع تصميم ملائم للشراع أن يسـاعدا في خلق شـكل شبيه بالجناح أثناء تشكله بتأثير الرياح والشد على حباله. الفارق الرئيس بين الشراع والجناح هو أن الرفع الناتج أفقي. إضافة إلى ذلك فمعظم الطائرات تدفع بمحركات لخلق الرفع، بينـما تحصل القوارب الشراعية على قوتها الدافعة من الريح نفسـها. في الشـكل (197) أبـين تدفـق الهواء حول شراع يعمـل كجناح. يدل الحـرف S على نقطتي السـكون حيث تنشـطر خطوط التدفق حول الشراع. يدعى شـد الحبال الممسكة بالشراع والشـكل الناتج للشراع «تشـكيلة الـشراع» (sail trim) من قبل البحارة. تدعى الحبال التي تمسك بأطراف الشراع «ألواحا» (sheets) من الكلمة الإنجليزية القديمة (sceata).

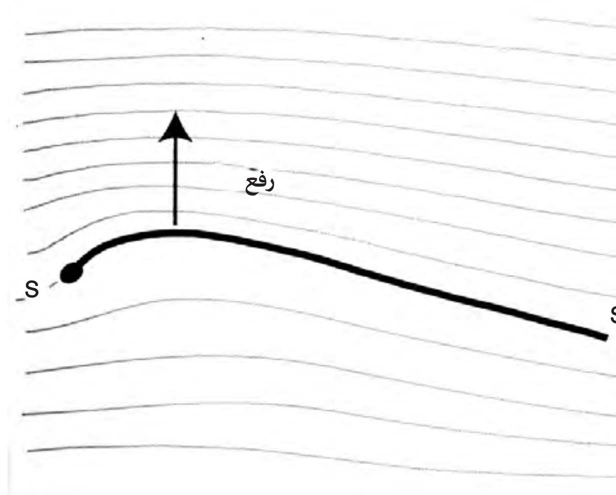


الشـكل (196): يسـارا: تدفق الهواء حول جناح بكثافة هواء تساوي الصفر ومن دون لزوجة. يمينا: تدفق الهواء حول جناح بكثافة ولزوجة محددتين للهواء.

الانحراف

صنع شراع له شـكل الجناح مهم جدا للإبحار ضد الرياح، لكنه ليس كل شيء. يجـب أن يكون القارب قادرا أيضا على مقاومة القوة الجانبية للرياح. على الجانب الأيمـن من الشـكل (198)، أبين القـوى العاملة على مقطع من قـارب الكنار. تأتي الريـاح من الطرف الأيسر في الشـكل، وتميل قوة الريـاح لدحرجة القارب إلى جهة

الانحــراف. ربما تتذكر من الفصل الخامس عشر أن انزياح مركز الطفو بالمقارنة مع مركــز الجاذبية يعطي قوة تصحيح طبيعية. تعاكــس قوة التصحيح هذه التدحرج الناجــم عن قوة الرياح على الــشراع. نتيجة لذلك تبحر الســفينة ببعض التدحرج حيــث تكون قوة الرياح وقوة تصحيح الهيكل في حالة تــوازن. زاوية التوازن هذه تدعى الجنوح (heel) أو زاوية الجنوح (heeling angle). بوجود رياح عالية يوجه البحــارة أحيانــا إلى الجلوس على الطــرف المواجه للرياح من القــارب لتغيير مركز جاذبية القارب، مما يخفض من الجنوح. وهذه هي أيضا مهمة المداد في العديد من القوارب الشراعية في المحيط الهادئ.



الشــكل (197): شراع يعمل كجناح مع تدفق صفحي حوله. نقطتا الســكون هما عند حافتي المقدمة والمؤخرة للشراع ويرمز إليهما بالحرف S.

تؤدي العارضة الرئيســة في السفينة دورا مهما. «تلتقط» العارضة الرئيسة على شــكل الحرف «V» في أســفل الهيكل الماء أثناء تحركها. يخلق هذا نوعا من القفل يكبح الحركة إلى الجانبين بتأثير الرياح. لو كان أســفل الهيكل دائريا تماما، فستكون قدرته على مقاومة دفع الرياح من الجوانب أقل. لكن كلما كانت العارضة الرئيسة أطول، وأكثر امتدادا إلى الأســفل في الماء، استطاعت مقاومة الدفع إلى الجانبين. هذا موضح في الشكل (198).

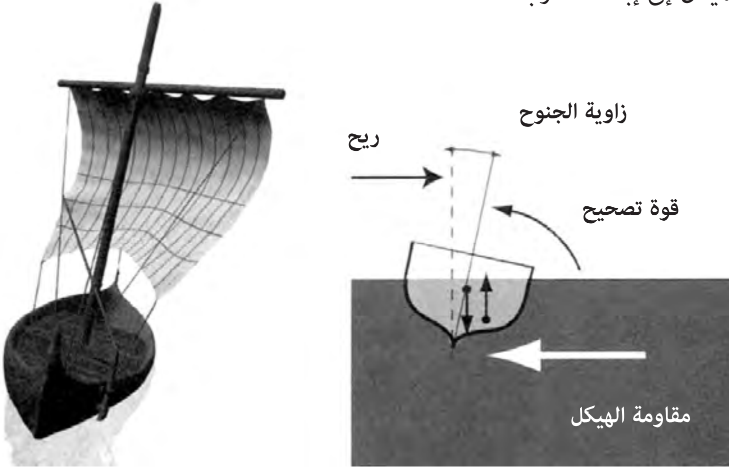
و كما ذكرتُ مسبقا، لا تكافح مقاومة الهيكل حركة السفينة إلى الجانبين، أو ما يســمى بالانحراف تماما. على الجانب الأيسر من الشكل (199) أبين القوى العاملة على قارب كما تُرى من الأعلى. هذه القوى هي:

- قوة رفع من الشراع تعمل عموديا تقريبا على اتجاه الرياح.

- مقاومة الهيكل التي تعاكس ميل القارب إلى الانحراف جانبا.

- تجعــل قــوة الرياح ومقاومــة الهيكل القــاربَ يجنح إلى جهــة الريح، لكن قــوى الجاذبية في مركز الجاذبية وقوة الطفو في مركز الطفو تعاكســان هذه القوة وتحافظان على القارب عند زاوية جنوح ثابتة.

- قوة إعاقة حركية - هوائية من الشراع وقوة إعاقة حركية - مائية على الهيكل تميلان إلى إبطاء القارب.

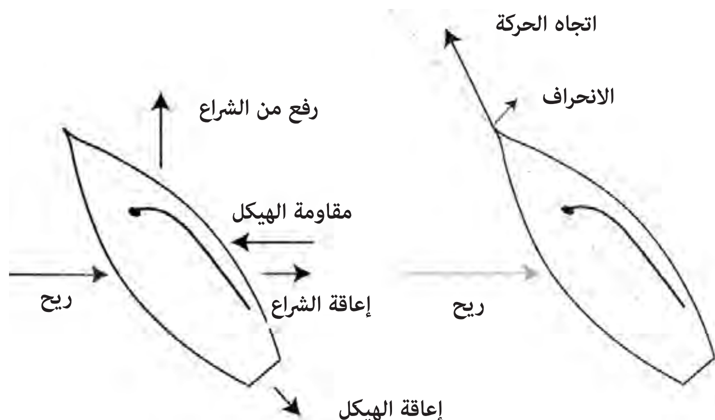


الشكل (198): قوى تعمل على قوارب شراعية تُرى كمنظر لمقطع عرضي.

هــذه القوى كلها هــي في حالة توازن في قارب شراعي عنــد اتجاه ثابت وريح ثابتة. يوضح الجانب الأيمن من الشكل (199) محصلة حركة القارب. على الرغم من أن مقدمة السفينة تشير إلى اتجاه واحد فإن الاتجاه الفعلي أزيح بتأثير الانحراف.

مثــل عمليــة تحديد التيــار، فإن تحديد الانحــراف مهمة ضروريــة من مهام الملاحــين. في أحد الأوصاف يصف المؤلف ديفيد لويس كيف أن ملاحا يُدعى هيبور

من جزر كارولاين كان يحدق في تيار الماء خلف السـفينة ليقدر زاوية الانحراف[2]. يظهر الشكل (200) استخدام التيار خلف السفينة لتحديد الانحراف. تبحر السفينة بزاوية نحو 80 درجة بعيدا عن اتجاه الريح. يخلق الانحراف اتجاها حقيقيا بحدود 15 درجـة بعيدا عن الاتجاه الذي تشـير إليه السـفينة. لتحديـد زاوية الانحراف، يحدِّق الملاح في التيار خلف السـفينة ويستطيع «رؤية» الفارق بين اتجاه العارضة الرئيسة للسفينة، وزاوية التيار خلف السفينة.



الشكل (199): منظر من الأعلى للقوى المؤثرة في قارب شراعي (يسار) والحركة الناجمة عن ذلك (يمين)

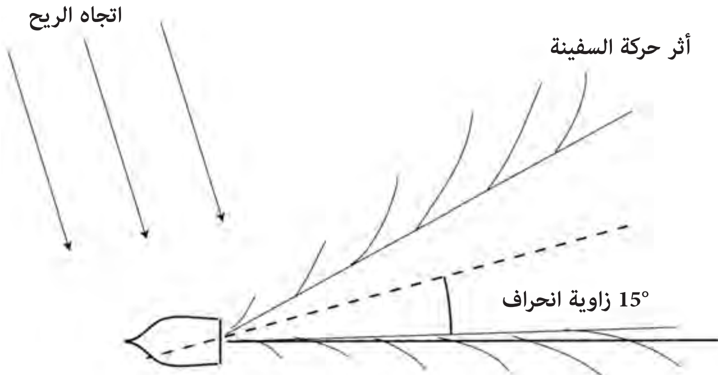
إضافـة إلى زاوية التيار الخلفي، دلت خبرتي على أن الانزياح الجانبي للانحراف يخلق منطقة من الماء المنزلق «slick» على الجانب المواجه لهبوب الريح ناتجة عن الاضطراب من العارضة الرئيسة التي تشق الماء. يمكن مشاهدة زاوية التيار الخلفي والماء المنزلق بالملاحظة الدقيقة.

عمل البروفسـور بين فيني من جامعة هاواي على نسخ من قوارب رحلات من تاهيتي وهاواي،، واسـتنتج أن بإمكانها الإبحار بحدود 75 درجة ضد الريح. جزئيا، كانت إحدى الخصائص الرئيسـة التي سـمحت بالإبحار ضد الريـح هو التصميم بهيكل مزدوج، إضافة إلى العارضات الرئيسـة على شكل الحرف «V» التي ساعدت في إعطاء السفينة مقاومة جيدة للهيكل[3].

التعرج بزاوية 75 يجعل الســفر باتجاه الريح صعبا في أفضل الأحوال. للحصول عــلى ميل واحد من المســافة الحقيقية، على قارب الرحــلات أن يبحر أربعة أميال حقيقية في مســاره المتعرج. في كثير من الأحيان كان من الأجدى اســتغلال ظروف الطقــس الجيدة، والإبحار خــلال الفصول التــي تكون فيها الريــاح مواتية. يمكن اســتغلال أنظمــة الضغط العالي والمنخفض مــع أنماط الرياح الــدوارة حول المركز لفائدة الإبحار في مثل هذه الظروف.

تصميم الشراع

تعتمد قــدرة القارب على الإبحار باتجاه الرياح على تصميمه. وكما يلاحظ من المناقشة أعلاه على الأجنحة والرفع، يمكن أن يكون فهم القوى التي تخلق إمكانات الإبحــار ضد الرياح معقدا. ولكن من خلال تجربــة المحاولة والخطأ نجح البشر في صنــع أشرعة تقوم بهذه الوظيفة. خلال عصور اليونــان والرومان القدماء، عوضت القوارب ذات الأشرعة المربعة الشــكل بإمكانات إبحار محدودة ضد الرياح، بالقوة البشرية. يظهر الشكل (201) صورة من الموزاييك تعود إلى القرن الثالث بعد الميلاد. تصف لوحة الموزاييك أوديسوس والحوريات، حيث يُرى أوديسوس مربوطا بصارية السفينة بينما تغني الحوريات له، وبينما يستمر بحارته بالإبحار، وقد سدت آذانهم بشــمع كي لا يســمعوا الغناء. الأشرعة مربعة الشــكل، وقد ربط أحدها بالصارية



الشكل (200): تحديد زاوية الانحراف من الفرق بين وجهة الزورق والتيار المتخلف عنه.

الرئيسة وربط الثاني بصاري أصغر في المقدمة. استخدمت المجاديف المبينة في لوحة الموزاييك لزيادة قوة الدفع، خاصة في أوقات الرياح الضعيفة أو الرياح المعاكسة.

أحد أنــواع الأشرعة ذات الكفاءة الجيدة للإبحار باتجــاه الريح يُدعى «الشراع اللاتيني» أو «المثلثي» (lateen). اشــتق الاســم من الكلمة الفرنسية «latin»، مما يعني أن مصدره هو البحر الأبيض المتوسط. الشراع اللاتيني مثلث الشكل أو رباعي أضلاع على شــكل مثلث. تصنع الخصائص الشبيهة بالجناح من قطعة قماش بزاوية للأمام تســمح بملء الشراع على شكل سطح منحنٍ في المقدمة، بينما تحافظ الألواح على حافة حادة للمؤخرة.

ليس من المعروف تماما كيف حصل التطور من أشرعة مربعة الشكل إلى أشرعة لاتينية، لكن ربما بدأ البحارة في ســفن تســتخدم أشرعة مربعــة أو رباعية الأضلاع بحني القماش إلى الأمام للحصول على فائدة أعلى من الريح [4]. الشكل (202) عبارة عن صورة للوحة موزاييك تعود إلى القرن الخامس أو الســادس الميلادي، اكتشــفت في كيليندرياس في تركيا من قبل البروفســور ليفانت زوروغلو من جامعة ســلجوق. تظهــر لوحة الموزاييك منظرا لميناء توجد فيه ســفينة شراعية كبيرة وخلفها قاربان أصغــر منها موصولان بالحبــال. يبدو أن الشراع رباعي الأضلاع. بحســب زوروكلي



الشــكل (201): تمثيل لزورق بشراع مربع الشــكل في لوحة موزاييك لأوديسوس مع الحوريات من القرن الثالث الميلادي في متحف باردو في تونس.

وعالم الآثار البحري زارازا فريدمان كان هذا الشـكل شـائعا في الحقبة التي صنعت فيها لوحة الموزاييك(5).

قدم تفسـير مختلف عـلى أن هذا الشراع يمثل نموذجا مبكـرا لشراع لاتيني(6). عـلى الرغم من وجود بعض الخلاف بين العلماء حول الشـكل الدقيق للشراع، فإن التضاد بين لوحتي الموزاييك في الشـكلين (201) و(202) واضح جدا. يبدو القماش في سفينة كيلاندريس موضوعا على شكل زاوية إلى الأمام، ولا وجود لمجاديف لدفع السـفينة، هناك فقط ألواح توجيه على الجانب. إضافة إلى ذلك، يبدو أسفل الشراع ملفوفـا، ويمكـن أن يكون هذا جزءا مـن أجراء يُدعى «الإنـزا» (reefing)؛ حيث تخفض مساحة الشراع أثناء الرياح القوية.

تطور مبكر آخر في المسـار نحو أشرعة بقدرات إبحار ضد الريح كان اسـتخدام النورديين عمودا دُعي «بايتاس»(*) لتقوية حافة المقدمة لشراع مسـتطيل الشـكل. يوضح هذا في الشـكل (203). يخلق العمود عندمـا يركب مع الألواح التي تحمل الأشرعة شـكل الجناح بكفـاءة أعلى للإبحار ضد الريح. تظهـر القدرة على الإبحار



الشكل (202): لوحة موزاييك تعود إلى القرن الخامس أو السادس الميلادي من كيلينديريس في تركيا.

(*) beitass: عمود خشبي يركب في جيب في الزاوية السفلى من الشراع في سفن الفايكنغ. [المترجم].

ضـد الريح في ملحمـة الغرينلنديين عندما كان لايف إيريكسـون وطاقمه عائدين من فاينلاند:

عندما حل الربيع جهزوا سـفينتهم وأبحروا. سمَّى لايف الأرض حسب خصائصهـا الطبيعيـة «فاينلاند» (أرض الخمر). اتجهـوا في البحر وحصلوا عـلى رياح مفيدة لهم، حتى وصلوا إلى مجال رؤية غرينلاند والجبال تحت القمم المغطاة بالجليد.

ثم تكلم أحد البحارة سـائلا: «لماذا تقود القارب في مسـار قريب جدا من الريح؟».

أجابه لايف: «إنني أراقب مسـاري، لكن أكـثر من ذلك. هل ترون ما يستحق الملاحظة؟».

أجاب الطاقم بأنهم لا يرون ما يستحق الملاحظة.

«لست متأكدا»، قال لايف، «أن ما أراه هو سفينة أم جزيرة صخرية».

ثـم رأوها، وقالوا إنها جزيرة صخرية (Skerry). كان لايف يرى أفضل بكثير من طاقمه، بحيث عرف أن هناك رجالا على الجزيرة.



الشكل (203): قارب كنار بحافة مقدمة لشراع مدعمة ببايتاس.

قال لايف: «أريد أن أقود السـفينة قريبا باتجـاه الريح، بحيث نصل إليهم، لو كان هؤلاء الرجال في حاجة إلى مساعدتنا، فعلينا أن نحاول ونقدم لهم المسـاعدة. لو كانوا معاديـن لنا فلدينا المزايا كلهـا إلى جانبنا، وليس لديهم أي منها».

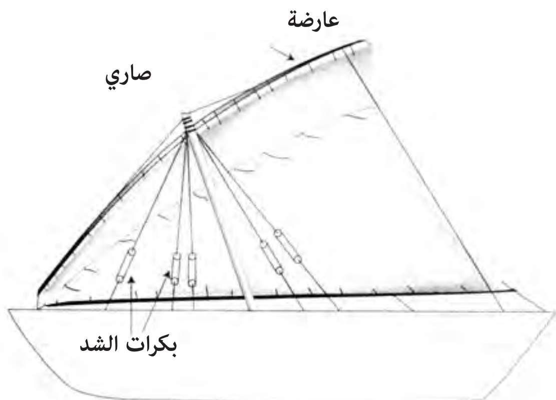
اسـتطاعوا الإبحار قريبا من الجزيرة، ولفوا أشرعتهم وألقوا مرساتهم، وأنزلوا أحد الزورقين الإضافيين اللذين حملوهما معهم(7).

يشـير اللفظ skerry إلى جزيرة صخرية صغيرة تبرز فـوق الماء، وهي تأتي من الكلمـة النوردية القديمـة «sker». العبارة «قريبا من الريـح» في هذا المقطع من النورديـة القديمة تعني حرفيا «تحـت الريح». العبارة «الإبحـار داخل الريح» في النوردية القديمة والنسخة الأيسلندية الحديثة الأقرب تعني «العض» (biting) تحت الريح»[8]، يبدو كأن الشراع أشـبه بسـن تعض الريح. وجدت هذه العبارة طريقها إلى لغة الإبحار الشراعية الإنجليزية الحديثة على شـكل «الضرب في الريح»، حيث انقلبت الكلمة «beita» إلى ««beat. اشتق العمود الذي يقوِّي الحافة الأمامية من الشراع لسـفن الكنار المستخدمة من النورديين اسمه من كلمة «beita»: وتعني الـ beitass»» حرفيا عمود الضرب «beat staff».

يلقي المقطع أعلاه بعض الضوء على التكتيكات البحرية التي عرفها النورديون. يتكلـم لايـف حول مزية الاقتراب مـن الجزيرة من جهة الخلـف أو باتجاه الريح بالإبحـار نحو الريح. لم يكن يعلم ما إذا كان الناس على الجزيرة عدوانيين أم لا. لو كانوا عدوانيين، يمكنه الدوران ببساطة مع الريح بسرعة، والإبحار بعيدا. في البحرية الملكية البريطانية دُعي هذا التكتيك «الاسـتفادة مـن عامل الطقس» (weather gage): وهو وضع تكتيكي بالنسبة إلى الريح للحصول على ميزة على العدو.

بينـما طـورت زاوية حامل الـشراع أو تقوية الحافة الأمامية لشراع مسـتطيل الشـكل كفـاءة الإبحار إلى 70 درجة في الريح، غير أن الـشراع اللاتيني المطور تماما أعطـى كفاءة كبـيرة في الريح بحـدود 56 درجة[9]. يظهر الشـكل (204) تصميما نموذجيا لشراع لاتيني استخدم في البحر الأبيض المتوسط من قبل التجار العرب من القرن الحادي عشر الميلادي تقريبا وما بعده. الصاري نفسـه مائل أحيانا إلى الأمام، وحامل الشراع أو «اليارد» قد يكون مسـتقيما أو منحنيا على شـكل قوس. الشراع

نفسه مثلث الشكل تقريبا. يمكن لحامل شراع منحنٍ أن يطور حافة المقدمة لتكون أكثر شبها بجناح. مازالت هذه الأشرعة تُستخدم في قوارب الدهو في المحيط الهندي وعلى طول ساحل أفريقيا الشرقية.



الشكل (204): شراع لاتيني.

خلال الاستكشافات البرتغالية على طول الساحل الغربي لأفريقيا في القرن الخامس عشر، استُخدمت الأشرعة اللاتينية على قوارب تُدعى «كارافيل» (caravels). لكن استخدام الأشرعة اللاتينية من قبل الأوروبيين الغربيين بدأ يتلاشى مع نهاية القرن الخامس عشر. ربما كان أحد أسباب ذلك هو صعوبتها. للتعرج (tack) (الانتقال من وجهة ضد الريح إلى وجهة أخرى) يجب خفض الشراع، وتحريكه إلى الطرف الآخر من الصاري، ثم رفعه بعملية مستهلكة للوقت. في القوارب الأوروبية الغربية استبدلت قوارب الكارافيل بقوارب لها مزيج من أشرعة مثلثية أمامية وأشرعة مستطيلة. تطور الأشرعة المتعددة غالبا كفاءة الإبحار ضد الريح، حيث يوجه تدفق الهواء خلال الأشرعة بطرق لا يمكن إجراؤها بشراع واحد.

حتى بوجود أشرعة متعددة، لم يكن للسفن المربعة الأشرعة كفاءة الإبحار ضد الريح نفسها التي كانت للأشرعة اللاتينية[10]. لرحلات طويلة المدى، يمكن للسفن

أن تستفيد من انزياح الرياح السائدة مع خط العرض للاستمتاع برحلات مع اتجاه الريح، كما في التجارة المثلثية في شمال الأطلسي.

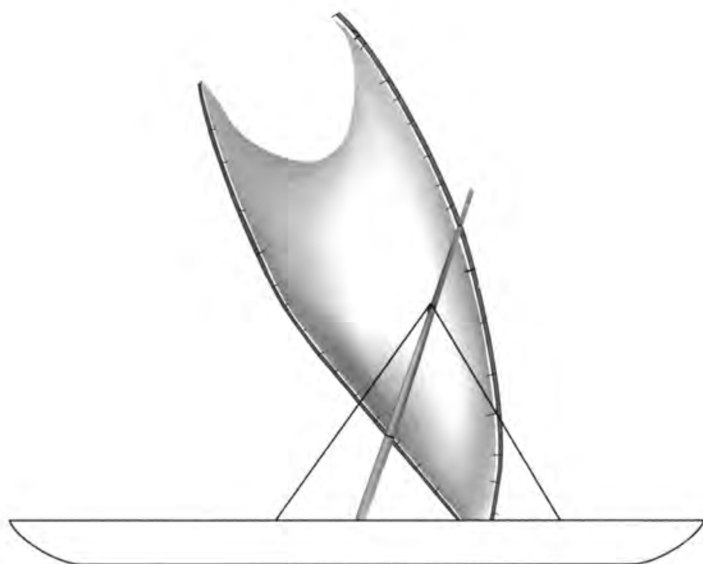
لكن هذا لم يضع نهاية لاستخدام الأشرعة اللاتينية قط. استخدم القراصنة من البربر سفنا سريعة دُعيت «القرصانية» (xebecs). كانت لها عدة صوارٍ محملة بأشرعة لاتينية. إضافة إلى ذلك استخدمت مجموعات من العبيد للتجديف لزيادة سرعة الهجوم. كانت لسفن القراصنة كفاءة عالية باتجاه الريح، وهددت التجارة الملاحية على شاطئ أفريقيا الشمالية في نهاية القرن الثامن عشر وأوائل القرن التاسع عشر.

طور سكان جزر المحيط الهادئ نسخهم المحلية من الأشرعة اللاتينية، حبكت هذه الأشرعة غالبا من أوراق شجر «الباندانوس» (شجرة شائعة في وسط المحيط الهادئ)، وشكلت بحوامل أشرعة تعطيها شكل الجناح اللازم للإبحار ضد الريح. تبدو نسخة منها شديدة الشبه بالشراع العربي/ المتوسطي، لكنه طُوِّر بشكل مستقل. هناك تصميم فريد لشراع دُعي «مخلب السرطان» (crab claw)، كما في الشكل (205)، وهو يشبه معنى اسمه وله كفاءة عالية جدا[11].

حل سكان جزر المحيط الهادئ مشكلة التعرج باستخدام شراع لاتيني بطريقة فريدة. بنيت زوارقهم المدادة (outrigger) بشكل تناظري بحيث يمكنها الإبحار إلى الأمام من أي طرف من الطرفين. يمتد المداد نفسه دوما باتجاه الريح لمقاومة قوة جنوح الريح. عندما يرغب ملاح في تغيير اتجاهه باتجاه الريح، ينقل الشراع ببساطة من أحد طرفي الزورق إلى الطرف الآخر من دون الالتفاف حول الصاري. هذه الطريقة في دفع القارب إلى الأمام والخلف ضد الريح عملية اقتصادية، وتسمح بقدرات الإبحار في اتجاه الريح لشراع على شكل جناح، وسهولة الاستخدام عند تغيير وجهة السفر.

نهاية الملاحة الشراعية

شهد القرنان التاسع عشر والعشرون الاندثار التدريجي لاستخدام الأشرعة للأغراض كلها تقريبا، سواء أكانت في النقل أم الصيد أم الحرب. منعت القوى الأوروبية التي احتلت جزر المحيط الهادئ استخدامَ سفن الإبحار الشراعية المحلية،



الشكل (205): مثال على شراع مخلب السرطان.

غالبا لأسـباب أبوية تتعلق بالأمان. هناك محاولات أحدث لإحياء التقنيات المحلية في بناء الزوارق والملاحة. في مناطق نائية فإن الإبحار الشراعي من أجل العيش نادر لكنـه موجود. في الحقبـة الحالية مع ذلك فإن الملاحة الشراعيـة رياضة أو هواية. لايزال الميل إلى صنع قوارب شراعية أكثر كفاءة مسـتمرا، لكنه يتحقق الآن بواسطة حواسـيب فائقة «تُنمذج» تفاصيل تدفق المائع عـبر الأشرعة والهياكل وتعقيداتها، كان هـذا يحدث في ما مضى بالتجربة والخطأ، عندمـا كانت الفوائد من وراء ذلك أعلى بكثير.

17

زملاؤنا الجوالون

لسنا الوحيدين الذين يقومون برحلات. نشترك مع مسافرين آخرين في مساراتنا، ولو مؤقتا. إذا عرفنا عاداتهم أو أوقفناهم للسؤال عن الاتجاه فسوف يساعدوننا في ذلك. يدور هذا الفصل حول جوالين آخرين: ما الذي يمكنهم أن يخبرونا به حول موقعنا، وما الذي يمكنهم أن يعلمونا إياه حول اتجاهنا؟

تأتي الكلمة الإنجليزية الحديثة للكواكب (planets) من الكلمة اليونانية «πλαυήται» والتي تشتق من كلمة «جوالين». يمكن للكواكب الأكثر إضاءة كالزهرة والمريخ والمشتري أن تعمل كمنارات مؤقتة ترشد المسافرين، لكنها تتحرك أمام خلفية ثابتة للنجوم، كما توحي بذلك كلمة «جوال»، وليست موثوقة في الملاحة كالنجوم. مع ذلك يمكنك استخدام الكواكب في الملاحة، خصوصا إذا امتلكت بعض الفهم لحركتها.

«يترك البحارة الطيور تطير بحرية، ويتبعونها للعثور على اليابسة»

تربــك الكواكب الملاحين غالبا، ومن المهم القدرة على تمييز الكواكب من نجوم الملاحة الرئيســة. مرة عندما كان المريخ في برج الثور (Taurus)، أخطأت بين المريخ والنجــم الدبران (Aldebaran): كان لهما اللون نفســه، وكان لهما في ذلك الوقت الحجم نفسه تقريبا.

يمكنك استخدام عدد من المؤشرات للتمييز بين الكواكب والنجوم:

- «تومض» النجوم بينما تضيء الكواكب باســتمرار. يمكن للانكسار ولاضطراب بسيط في الجو أن يقاطعا الصورة النقطية لنجم، ويغطيا عليه أحيانا، لكن الكواكب تظهر قرصا محددا، ولذا فهي ليست عرضة لـ «الوميض».

- الزهرة والمشــتري عادة أكــثر لمعانا من معظم النجوم في الســماء. أما إضاءة المريخ فتعتمد على موقعه بالنسبة إلى الأرض في مداره.

- تقع الكواكب دوما قرب المدار الشــمسي. تشــمل بعض النجوم والتجمعات في المدار الشــمسي الدبران (برج الثور)، ورأس التوأم المؤخر (التوأم)، وقلب الأســد (الأسد)، والسنبلة (العذراء)، وقلب العقرب (برج العقرب).

يمكن معرفة مواقع الكواكب الرئيســة المســتخدمة في الملاحة في جداول تدعى الروزنامة أو التقويم الفلكي (ephemerides)(*). يعود حساب مواقع الكواكب من قبل الفلكيين والمنجمين إلى حقبة البابليين قبل 4000 ســنة. لكن اســتخدام مواقع الكواكب للملاحة الســماوية انحصر عموما في الحقبة الحالية (من 1600 سنة حتى الآن) حــين توافرت جداول دقيقة لذلك. لم يســمع عموما باســتخدام الكواكب في الملاحة مباشرة في الحقب الأقدم وفي الثقافات الأخرى.

من دون جداول التقويم الفلكي، يمكن للملاح استخدام الكواكب بشكل تقريبي كمنارات لمعرفة الاتجاه خلال شــهر واحد أو مــا يعادله، حيث إنها لا تغير موقعها

(*) كلمة روزنامة، فارســية الأصل تنقســم إلى جزأيــن: روز وتعني «يوم»، ونامه التي تعنــي «كتاب»، أما الكلمة Ephemerides فمشــتقة من اليونانية έφημερLS الدالة على دفتر ملاحظات أو يوميات. اســتخدم الفلكيون المســلمون هذا النوع من الجداول لتقدير الأيام والأوقات ومتابعة حركة الأجرام الســماوية، واصطلحوا على اللفظ «زيــج» الفارسي الذي يعني وترا أو خيطا. من أشــهر الأزياج: الزيج الصــابي للبتّاني، والزيج الطليطلي للزرقالي (راجع الفصل العاشر من هذا الكتاب)، وزيج الســندهند لمحمد بن موسى الخوارزمي، والزيج الحاكمي لابن يونس المصري [المحرر].

في السـماء بهذه السرعة. عند بداية الرحلة، يمكن للملاح تتبع الكواكب الرئيسـة. ويمكن إضافة هذه الكواكب إلى مخزون النجوم المستخدمة في تحديد الاتجاه. نظرا إلى طبيعـة الكواكب الجوالة ولونها الطبيعي ومسـاراتها غـير العادية، فليس من المسـتغرب أن ترمز ثقافات بشرية عدة إليها بأسماء الآلهة. يمكن لمعرفة «عادات» الكواكب الألمع أن تساعد في الملاحة.

الزهرة

قد يكون كوكب الزهرة ألمع جسم في السماء أثناء الليل. للزهرة مدار أقرب إلى الشمس من الأرض بفترة تبلغ 225 يوما. بما أنه أقرب إلى الشمس من الأرض، فإنه لا ينحرف أبدا بأكثر من 47 درجة عن الشـمس. تدعى أكبر مسـافة زاوية مرئية يصنعها الزهرة مع الشـمس اسـتطالته العظمى. قرب الزهرة من الشمس يمنحه اسـم «نجم الصباح» أو «نجم المسـاء»، حيث إنه يبرز قبل شروق الشـمس عند الفجر في شرق السماء أو يتبع غياب الشمس في الغرب عند الغسق. عندما يكون الزهرة في اسـتطالته العظمى، يبدو أنه يبقى في المكان نفسـه نسبة إلى الشمس لأسابيع عدة.

يخلـط منظر الزهرة أحيانا بمنظر طائرات أو قطارات أو قوارب وحتى بصحون طائـرة. تنجم هذه الأخطاء عن سـمك الغـلاف الجوي عند زوايـا منخفضة. عند ارتفاعـات أقـل من 6 درجات، يعتم الغلاف الجوي بشـكل كبير على لمعان الزهرة الظاهـري، لكن لمعانه يـزداد بسرعة مع صعوده في السـماء. تظهر صورة ضوء في طائرة أو قطار أو قارب آتٍ من الأفق كثيرا خصائص ضوء الزهرة نفسه: مع اقترابه يصبح الضوء أكثر لمعانا وهو يرتفع فوق الأفق.

غـادرت رحلة طيران كندا رقـم 878 مدينة تورنتـو في 13 يناير 2011 متجهة إلى زيوريخ في سـويسرا. بعد بضع سـاعات من الطيران، أحس الركاب بهزة مفاجئة وعنيفة في الطائرة. أظهر تحقيق لاحق أن الملاح الأول نام فترة مخططا لها، وعندما اسـتيقظ رأى كوكب الزهرة من بعيد، وظنّ أنـه طائرة نقل حربية من نوع C17، فخفّض سرعته فجأة معتقدا أنه «على وشك الاصطدام بها»[1].

المريخ

يقــع مدار المريخ خارج مدار الأرض، ويمتــد فترة تبلغ 687 يوما. يتحرك المريخ عادة شرقا على طول المدار الشــمسي بسرعة من 18 إلى 24 درجة في الشــهر. لكن هناك اســتثناءات. عندما تتجاوز الأرض المريخ في مداره، يكون المشــهد مثل عبور عمود هاتف في ســيارة متحركة: يبدو موقعه الظاهري بالنسبة إلى خلفية ثابتة من النجــوم، كأنه يتحرك إلى الوراء لفترة من الوقــت. تُدعى هذه «الحركة الارتدادية» (retrograde motion). عندمــا يدخل المريخ في الحركة الارتدادية أو يخرج منها، يبدو كأنه توقف لفترة قصيرة نسبة إلى خلفية النجوم الثابتة.

يفصح اللــون الأحمر البرتقالي المميز للمريخ عنــه، ويمكن أن يكون لامعا جدا عندمــا يكون عند أقرب نقطة مــن الأرض. رأيته مرة ينعكس مــن بحيرة في الليل خلال أحد اقتراباته من الأرض. هناك أسطورة حضرية تظهر من حين إلى آخر تقول إن المريخ يبــدو عند أحد اقتراباته القصوى من الأرض كبيرا كالقمر. على الرغم من عدم صحة هذا القول فإن صناديق البريد الإلكتروني ستمتلئ جدا بعد هذا «الحدث السماوي المدهش».

المشتري

مثل المريخ يقع مدار المشــتري خارج مدار الأرض، لكنه أبعد بكثير وتمتد فترته لـ 4333 يوما، مما يجعله الأكثر اســتقرارا بين الكواكب الثلاثة الجوالة التي نناقشها هنا. يتحرك المشــتري شرقا خلال المدار الشــمسي بمعدل 30 درجة في السنة تقريبا. للمشتري لون خفيف، ويمكن أن يكون لامعا في السماء عندما تكون الأرض في أقرب نقطة منه.

الطيور

لكثير من أصناف الطيور عادات راســخة وغرائز ملاحية متطورة يســتفيد منها الملاحون في كثير من الأحيان. تســتخدم بعض الطيور النجوم في الليل لتتعرف على طريقها، بينما يبدو أن طيورا أخرى تشــعر بالحقل المغناطيسي الأرضي. هناك عدد من الإشارات الأسطورية لاستخدام الطيور في الملاحة.

الطيور المهاجرة

لماذا نقوم برحلة متعمدة بعيدا عن مرأى اليابسـة؟ تبدو كأنها مغامرة جريئة أو حتـى عمل يائـس. خمّن المؤلف جيمس هورنيل أن الملاحظة السـنوية للطيور المهاجـرة وهي تغـادر أرضا ما ثم تعود إليها لاحقا شـجّع الملاحـين على المغامرة للبحـث عن أماكن للهجرة إليها[2]. يرى البحارة المتمرسـون مجموعات من الطيور تغادر من الشواطئ عبر المحيط في الربيع، فقط لتعود مرة أخرى في الخريف. يتكرر هذا النمط من سنة إلى أخرى. بمعرفة أنه لا بد من أن تكون هناك أرض غير معروفة تطير إليها الطيور فقد يتشجع بحار مغامر على القيام برحلة يتتبع فيها مسارها.

كان المسـتوطنون الأوائل في آيسـلاندا رهبانا أيرلنديين وجـدوا هناك من قبل مستوطنين نورديين. في مقال بعنوان «دور الطيور في الملاحة المبكرة»، عرض جيمس هورنيل فكرة أن الرهبان الذين عثر عليهم في آيسلاندا ربما تتبعوا مسار البط الذي امتد من أيرلندا إلى إسكتلندا، ثم شمالا إلى جزر الفارو، ومن ثم إلى آيسلاندا. صنف واحد على الأقل، وهو بط غرينلاند ذو الوجه الأبيض الذي يقوم بهجرات مباشرة بين أيرلندا وغرينلاند عبر آيسـلاندا. تذكر الملاحم النوردية أيضا ظهور طيور من إيرلندا تظهر في آيسلاندا، لذا فقد كانت هذه الهجرات مفهومة بشكل جيد من قبل رحالة على دراية بهاتين الجزيرتين.

للطيور المهاجرة مكان في التراث الشـعبي البولينيزي، سجل عالم الأنثروبولوجيا فرانك ستيمسـون قصيدة من تاهيتي تدعى «طريق الطيور»[3] والتي تدور حول «ملوك بحر» يتبعون طرق الطيور المهاجرة عبر محيطات واسعة إلى أراض مجهولة.

يعتقد أن اكتشـاف جزر هاواي واسـتيطانها من قبل بحارة من تاهيتي حصل نحـو العـام 1000 ميلادي. تمتد الرحلة من تاهيتي إلى هاواي على مسـافة 2500 ميل، وتدوم لمدة شـهر[4]. على أي شـخص يقوم برحلة تدوم شهرا أن يتزود جيدا بالمؤن، وأن يكون متأكدا نسـبيا من وجهته. اعتقد لفترة طويلة أن بحارة تاهيتي اهتدوا إلى هاواي بملاحظة الهجرة السـنوية للطيور. المرشح الأول للطيور المهاجرة التي ارتبطت بعملية الاسـتيطان هو الزقزاق الذهبي (الشكل 206)، والذي يتكاثر في ألاسـكا في الصيـف، ويهاجر جنوبا فوق جزر هاواي ثـم جنوبا إلى الجزر حول تاهيتي[5 و6].



الشكل (206): طائر الزقزاق الذهبي.

في رحلة كولومبوس الأولى إلى الأمريكتين، أوشك طاقمه على التمرد. كان بالقرب من توقفه الأول في أكتوبر من العام 1492 في الوقت نفسه الذي حصلت فيه هجرات ضخمة للطيور من أمريكا الشمالية إلى جزر الكاريبي. رأى كولومبوس سربا ضخما من الطيور المهاجرة يطير باتجاه الجنوب الغربي. قال ملاحه مارتن بينزون له: «هذه الطيور تعلم ماذا تفعل». بتذكر أن طيران الطيور ساعد البحارة البرتغاليين في تحديد بعض جزر الآزور، غير مساره كي يتوجه باتجاه الطيور المهاجرة، مما سرّع في رسوه على الشاطئ[7].

طيور تدل على الشاطئ

هناك قصص حول طيور حملت في سفن شراعية من أجل استخدامها في الملاحة. يترك البحارة الطيور تطير بحرية، ويتبعونها للعثور على اليابسة. ذكر الغراب والحمام كلاهما في عدد من هذه القصص.

قصة الطوفان العظيم شائعة في كثير من الأديان. إحدى أقدم قصص الطوفان العظيم هي من ملحمة غلغامش، كما هي موصوفة على مجموعة من الألواح التي عثر عليها في بابل. على اللوح الحادي عشر هناك وصف للفيضان العظيم، حيث

يطلق البطل غلغامش ثلاثة طيور من سفينته: يمامة وسنونو وغراب. يدور الطائران الأولان عائدين إلى السفينة، ثم ينطلق الغراب مؤشرا إلى وجود اليابسة:

عندما جاء اليوم السابع
أرسلت في طلب اليمام وأطلقته
انطلق اليمام لكنه دار وعاد إليّ
لم يشاهد أي ملجأ لذا فقد عاد إليّ
أرسلت في طلب السنونو وأطلقته
انطلق السنونو لكنه دار وعاد إليّ
لم يشاهد أي ملجأ لذا فقد عاد إليّ
أرسلت في طلب الغراب وأطلقته
انطلق الغراب ورأى المياه ترتد عائدة
أكل وحكّ وتمايل لكنه لم يدر عائدا إليّ
ثم أرسلت كل شيء في الاتجاهات كلها وضحّيت[8]

في النسـخة اليهودية - المسيحية من أسـطورة الطوفان، أرسل نوح الغراب أول مـرة ثم اليمام. في الرحلة الأولى عاد الغراب إلى السـفينة، بعد أن لم يجد أرضا. بعد سبعة أيام يرسل نوح اليمام ثانية. يرجع ومعه غصن زيتون. بعد سبعة أيام من ذلك يطلق نوح اليمام مرة أخرى. وعندما لا يعود، يكون ذلك مؤشرا إلى وجود أرض قريبة.

اليـمام (Doves) والحـمام (Pigeons) هـما من عائلة الحماميـات، وقد عرف العديـد منها لقدرتها على العودة إلى الوطن. الحمام الزاجل بصورة خاصة ملاح طيار مثير للإعجاب، اسـتخدم لحمل الرسائل ومرشدا للعودة منذ زمن طويل جدا. استمر اسـتخدام الحمام الزاجل المدرب حتى خلال الحرب العالمية الأولى، لكنه تضاءل بعد ذلك مع تطور الاتصالات الرخيصة عبر خطوط البرقيات والهاتف. مازال مصدر قدرته على العودة مثار تمحيص، حيث تقول إحدى الفرضيات إنه قادر على الإحساس بحقل المغناطيس الأرضي[9].

تظهـر الغربان في الأدب النوردي كطيور ترشـد إلى اليابسـة. وصف اسـتيطان آيسلاندا في كتاب «الاستيطان». يقال إن أول من وصل من الفايكنغ إلى آيسلاندا هو شخص اسمه نادودر. ثم انجرف بحار آخر يدعى غاردر سفارفاسون جراء عاصفة إلى

آيســلاندا، حيث قضى الشــتاء هناك. يصف كتاب «الاستيطان» الرحلة اللاحقة الأكثر تصميما لفلوكي فيلغيرورســون الذي أخذ ثلاثة من الغربان معه. استحق فلوكي الاسم «هرافنا فلوكي» ويعني «فلوكي الغراب»، في الأســطورة الآيسلاندية: «أخذ فلوكي معه ثلاثــة غربــان إلى البحر. عندما أطلــق الأول، طار فوق مقدمة الســفينة وطار الثاني في الهــواء ثم عاد إلى الســفينة، لكن الثالث طار إلى الأمام فوق مقدمة الســفينة في الاتجــاه الذي عثروا فيه على اليابســة. أقبلوا من الشرق إلى الــرأس، ثم نزلوا البر من الجنــوب. لكن مع إبحارهم غربا حــول رايكجينز وانفتاح اللســان البحري أمامهم، بحيث رأوا ســنيفلنيس لاحظ فاكسي (مرافــق لفولكي) «أنه لا بد من أن هذه الأرض التي اكتشفناها أرض عظيمة، وفيها أنهار كبيرة»[10].

يصف بليني الأكبر إجراء ملاحيا للبحارة في جزيرة تابروبين: يعتمدون على طيور رؤية اليابســة للعثور على الأرض. في كتابه التاريخ الطبيعي من القرن الأول الميلادي يكتــب بليني: «للقيام برحلات بحرية، لا يجــري بحارة تابروبين أي ملاحظة للنجوم، وفي الحقيقــة فإن الدب الأكبر غير مرئي بالنســبة إليهم، لكنهم يأخذون معهم طيورا إلى البحر ويطلقونها من حين إلى آخر ويتبعون الاتجاه الذي تطير فيه وهي تلجأ إلى اليابســة. ينحصر فصل الملاحة بأربعة أشــهر وهم يبتعدون عن البحر في مائة اليوم التي تلي الانقلاب الصيفي، لأن الوقت شتاء في تلك البحار»[11].

تابروبين هو الاســم الــذي أطلقه اليونانيــون والرومان القدامــى على جزيرة سريلانــكا الحالية. قد تتذكر من الفصل الســابع أن «septentriones» هو الاســم اللاتيني للدب الأكبر، لكنه مرادف أيضا لكلمة «الشمال». عند خط عرض 5 درجات تقريبا، ســيكون الدب الأكــبر مرئيا لبعض الوقت من تابروبــين، على الرغم من أن «الشمال» يرى بالكاد.

لســوء الحظ فإن بليني ليس مصــدرا لا يقبل الطعن حول هذه النقطة، كما بين فرانك ريد ذلك لي[12]. مباشرة بعد المقطع أعلاه، يتابع بليني ليصف زيارة ثلاثة سفراء من تابروبين إلى روما. خلال زيارتهم يتعجبون من ظلال تشير شمالا ومن الثريا، والتي يقولــون إنهــم لا يرونها من تابروبين. من الواضح أن هــذا هراء. فالثريا عند ميل 24 درجة شمالا مرئية حتى خط عرض 60 درجة جنوبا على الأقل. من الواضح أن بليني خدع من قبل «السفراء» وسجّل هذه الملاحظة من دون أن يختبرها.

يمكن العثور على أحـد أقدم الأوصاف حول طيور رؤية البر في محاورات بوذا في «كيفادا سوتا» في كتاب «ديغا»[13]: «منذ زمن طويل كان التجار يبحرون على السفن ويأخذون معهم طيورا لرؤية البر. عندما تصبح السـفينة بعيدة عن اليابسة، يطلقون طائر رؤية البر. يطير الطائر شرقا وغربا وشـمالا وجنوبا وإلى النقاط بينها ويصعد إلى الأعلى. إذا رأى على الأفق أرضا فسيطير إلى هناك، وإن لم ير أرضا فسيعود إلى السفينة مرة أخرى».

وفـق المؤلف هارولد غاتي فقد اسـتخدم الملاحـون البولينيزيون طيور الفرقاطة لرؤية البر بالطريقة نفسـها التي اسـتخدم بها فلوكي الغراب لاكتشاف آيسلاندا [14]. وبسـبب خفتها ومدى جناحيها الواسـع، يمكن لطيور الفرقاطة أن تغطي مسـافات شاسعة فوق المحيط، ويمكنها أن تطير إلى الأعلى بما يكفي لرؤية جزر بعيدة.

طيور العودة

تطير أصناف عدة من طيور اليابسة إلى البحر حيث تصطاد ثم تعود إلى موطنها. طيور الأطيش والفرقاطة والبجع هي ثلاثة أصناف من الطيور في جزر المحيط الهادئ التي تظهر هذا التصرف. تشـاهد طيور الأطيش أحيانا على بعد 75 ميلا من جزيرة. وربما ترى جزرا منخفضة جدا من بُعد خمسة أميال فقط، وتزيد رؤية طيور على بعد 6 - 7 أمثال تلك المسافة من قدرة الملاح على العثور على اليابسة.

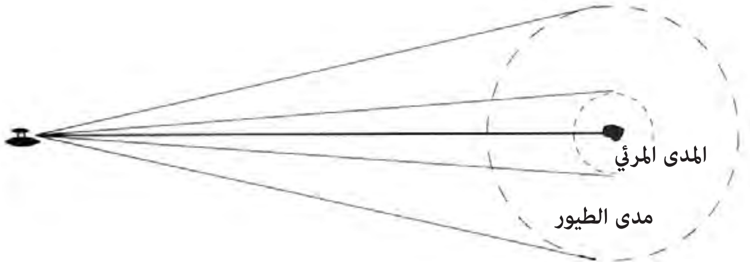
هذه الطيـور التي تدعى أحيانـا «طيور العـودة» (homing birds) يجب أن تميـز عن الطيور البحرية مثل طائر القطرس أو طائر النوء. على الرغم من أن الطيور البحرية تجد في النهاية أرضا تعشـش فيها، فإنها تتجول فوق مسـافات شاسـعة من



الشكل (207): يسارا، طير الفرقاطة. يمينا، طير الأطيش البني.

المحيـط، وليس من المحتمل أن يدل وجودها على أرض قريبة، إلا إذا كان ذلك خلال فصل بناء أعشاشها.

كما سـبق أن كتبتُ في الفصل الرابع، يمكن أن يتراكم عدم اليقين لموقع ما خلال رحلة طويلة. قد تكون الجزر الصغيرة والمنخفضة مرئية من مسافة 5 أميال فقط، مما يجعلها هدفا ضئيلا ومن السهل الابتعاد عنها. لكن من ناحية أخرى لو استخدم الملاح تصرف طيور برية معروفة كمساعد له، يمكن لهذا أن يوسع بسهولة «الحجم» الفعال للجزيـرة المقصودة. يتقدم الملاح نحو هدفه بنـاء على العوامل التي يمكنه اعتمادها كلها: الوجهة والمسافة والانعراج والتيار. عند نقطة ما، يصادف طيور فرقاطة تتغذى، لكن ليسـت هناك يابسة على مدى النظر. يخفض شراعه، وينتظر بصبر ريثما تكمل الطيـور غذاءهـا. عند مرحلة ما يلاحظ أن الطيور تطـير عمدا في اتجاه معين، حيث يعتقد أنه موطنها، ويوجه مساره في ذلك الاتجاه حتى تصبح الجزيرة مرئية له.



الشـكل (208): مبدأ توسيع هدف الرسو. ينشأ عدم تأكد كامن للموقع في الرحلات الطويلة. وبزيادة الحجم الفعال للجزيرة عن طريق مشـاهدة طيور برية، على الملاح أن يقترب لمسـافة 35 ميلا فقط من الجزيرة.

يوضح الشكل (208) فكرة الهدف الموسع لليابسة بواسطة الطيور، حيث يبدو مدى النظـر أصغر بكثير من مدى تغذية الطيور البرية. يقدر المؤلف ديفيد لويس أن طيور الفرقاطة والأطيش تتغذى على بعد 30 إلى 50 ميلا من اليابسة[15].

ربمـا تتذكر مـن الفصل الثاني أن ملاحـي كارولاين كانوا يقسّـمون الرحلة إلى سلسـلة من المقاطع (etaks) والتي تمثل موقع «جزيرة مرجعية» مقابل أجزاء من أفـق تشرق فيه بعـض النجوم وتغرب. مع تقدم الرحلـة، يحافظ الملاح عقليا على

المقطع الذي كان عليه. يدعى آخر مقطع في الرحلة «مقطع الطيور»، حيث يتوقع الملاح في هذه المرحلة رؤية طيور برية ترتبط بالجزيرة المقصودة.

في أغنيــة تاهيتيــة أخــرى ترجمت من قبــل فرانك ستيمســون دعيت «أرض مشاهدة» أشير إلى طيور برية (عودة) وطيور بحرية أيضا[16]:

أشاهد أرضا
انظر
راقب، راقب دوما
احتفظ برؤية حادة،
رؤية حادة!
هنا أنا على منصة الصاري
أتطلع لرؤية طيور برية
حافظ على رؤية حادة
أيها القبطان
عيناك عينا إلهة المحيطات الداكنة
عيناك عينا إله سماوات تضيئها أشعة الشمس
عيونهم عيون تحافظ على رؤية حادة!
انظر
تعتمت السماء حولي
برفات من طيور بحرية حول مقدمة السفينة الطويلة
السماء تعتم حولي!
أيها القبطان
الآلهة تراقب من خلال عينيك
عيونهم هي العيون التي تحافظ على رؤية حادة
انظر
الآن تسمع صرخات الطيور البرية وهي تنحدر
إلى قعر الأمواج على امتداد الأفق
آه! إنها تحط الآن على حيد منخفض

تسمع صرخات الطيور البرية وهي تغوص إلى قعر الأمواج!
تستقر الآن فوق الأرض
التي ترتفع فوق حافة المحيط!
أيها القبطان
ما الأرض التي وصلت إليها
ما الأرض التي رأيتها؟
انظر
إنها أرض المياه الصافية
إنها حقا وطننا، أرض المياه الهادئة.

سفن في البحر

يمكن أن تقدم السفن الأخرى في البحر أدلة حول الموقع للملاح. تصور بحارا يقترب من جزيرة ويشاهد زورق صيد صغيرا غير مهيأ للبحار العالية. يمكن للملاح أن ينتظر حتى يلتقط الصيادون شباكهم، ثم يتبع القارب العائد إلى اليابسة، كما يفعل بالنسبة إلى طيور العودة. أكثر من ذلك لو صادفت سفينة فربما ستلوِّح لهم وتسألهم عن الاتجاه.

في العام 1877 أبحر رجل الأعمال توماس كرابو من نيو بيدفورد في ماساتشوسيتس مع زوجته بقارب طوله 19 قدما، ليصبح حامل السجل القياسي في عبور المحيط الأطلسي في قارب صغير. لم يتخذ كرابو احتياطات للملاحة عدا العثور على سفن أخرى أثناء رحلته يمكنه التلويح لها، وسؤالها عن الموقع[17]. وصل كرابو في النهاية إلى اليابسة في بينزاك إنجلترا بعد شهرين في البحر. كان تقليد إيقاف بعض السفن لبعض على طرق الملاحة المزدحمة شائعا في عصر السفن الشراعية، وتمتلئ سجلات السفن بإشارات لهذه التوقفات، حيث يتم خلالها الحصول على معلومات عن المواقع في البحر ومقارنتها من بين أشياء عديدة أخرى.

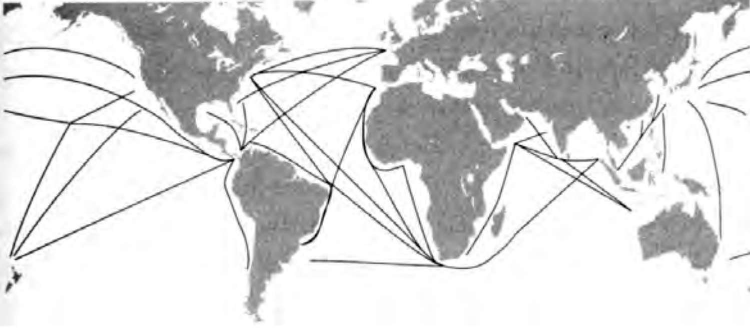
حتى مجرد مشاهدة سفن أخرى في البحر يمكن أن يعطي الملاح أدلة على الموقع والاتجاه. يوجِّه مسار المواصلات الرئيس عبر المحيط الأطلسي ليعطي أصغر مسافة ممكنة بين المرافئ. في حالات كثيرة تتبع سفينة تعبر المحيط مسارا يُدعى

«ممر الدائرة الكبــيرة». يمكن تمييز ممر الدائرة الكبيرة من خط البوصلة بالطريقة التالية: خط البوصلة هو مسار ذو اتجاه ثابت نسبة إلى الشمال الحقيقي. لكن خط البوصلة ليس أقصر مسافة بين نقطتين. أقصر مسافة بين نقطتين على الأرض ستكون ما تحصل عليه بوصل هاتين النقطتين على كرة بخيط وتشده تماما. في الشكل (209) أُبين ممر الدائرة الكبيرة الذي يصل مدينة نيويورك بلندن بالطائرة.



الشكل (209): ممر الدائرة الكبيرة من مدينة نيويورك إلى لندن بالمقارنة مع خط البوصلة.

ليســت الطائرة محدودة بشواطئ، لكن السفن مقيدة بها. يشير الشكل (210) إلى بعض مســارات الســفن الرئيســة في المحيطات. يؤدي عدد من الخصائص دورا في هذه المســارات: الاتصالات بين مرافئ رئيسة، والممرات الدائرية الكبيرة، وحدود الشواطئ، والقنوات الكبرى التي تربط المحيطات، والمضائق بمياه عميقة. في الشكل يمكن بســهولة رؤيــة الممرات الدائرية الكبرى بين مرافــئ الأطلسي والهادئ. تخلق القنوات عددا من نقاط الاختناق، خصوصا قناة بنما، وقناة الســويس. مضيق ملقا بين شــبه جزيرة ماليزيا وجزيرة ســومطرة هو اختناق رئيــس آخر في طرق المرور المحيطية، وبالمثل يحمل مضيق جبل طارق كثافة عالية من حركة الســفن الداخلة إلى البحر الأبيض المتوســط والخارجة منه. أخيرا للساحل الجنوبي من أفريقيا كثافة عالية من المرور بين المحيط الأطلسي والمحيط الهندي.



الشكل (210): ممرات المواصلات الرئيسة في العالم.

ليس من المستغرب أن تكون بعض المناطق ذات كثافة المرور العالية في المحيطات عُرضة للقرصنة. كانت المنطقة حول مضيق جبل طارق مهددة بالقراصنة البربر. الفوهة من البحر الأحمر إلى الخليج العربي على طول القرن الأفريقي هي موطن لقراصنة من الصومال في الوقت الحاضر. السفن التي تعبر مضيق ملقا عرضة للقرصنة أيضا.

لو كان لملاح بعض الإلمام بأنماط الممرات في المحيطات، يمكنه أن يضيف ذلك إلى معرفته بتثبيت الموقع، ليحصل على مؤشرات على خطوط العرض أو الطول. هنا ثلاثة أمثلة على ذلك:

لين ولاري باردي: بينما كانا يعبران خليج البنغال، أبحرا عمدا في مسار بعيد إلى الجنوب، كي يبقيا بعيدا عن طرق الملاحة المزدحمة بين سريلانكا ومضيق ملقا. ومن غير أن يعلما كان هناك اضطراب كبير بضغط منخفض يخلق تيارا سحبهما إلى العودة شمالا. عندما استمرا في رؤية سفن كبيرة، أدركا أن هناك خطأ ما، واستخدما في النهاية مزيجا من تثبيتات سماوية، وظهور السفن لاستنتاج وجود تيار مجهول سحبهما إلى خط عرض أعلى، حيث اتخذا بعد ذلك إجراءات لتجنبه[18]. (انظر أيضا الصفحة 175 في الفصل 14).

ستيفن كالاهان: أبحر ستيفن كالاهان منفردا في قارب شراعي من جزر الكناري نحو أنتيغوا في يناير من العام 1981. بعد بضعة أيام وخلال عاصفة تعطل قاربه بشكل سيئ إثر ارتطامه بجسم غير معروف. اضطر

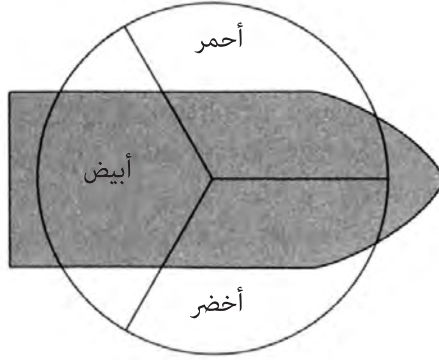
إلى الالتجاء إلى طوافة نجاة، وانجرف غربا بحسب التيار الاستوائي الشمالي 76 يوما، ورسا على اليابسة قرب غوادالوب. خلال انجرافه شاهد عددا من السفن على طول المسار، وحاول أن يلوِّح لها لكن من دون نجاح. على الرغم من عدم المساعدة استطاع تقدير خط الطول، وبالتالي تقدمه غربا من نمط المرور في المحيط. كان يعلم أنه يقترب من البحر الكاريبي عندما بدأ يشاهد مرورا للسفن على مسار شمال – جنوب بين شمال أمريكا وجنوبها. وصف تجربته في كتابه «انجراف: ستة وسبعون يوما من الضياع في البحر»[19].

وليام وسايمون بتلر: أبحر وليام وسايمون بتلر في جولة إبحار حول العالم من فلوريدا في العام 1989. بعد عبور قناة بنما، أبحرا غربا في المحيط الهادئ. على بعد 1200 ميل في عرض البحر اصطدم قاربهما الشراعي بقطيع من الحيتان وغرق.

نجا وليام وسايمون على طوافة، وانجرفا شرقا بفضل تيار استوائي معاكس، جلبهما أقرب إلى اليابسة. في طريقهما شاهدا عددا من سفن النقل تتجه إلى قناة بنما وتعود منها على الممرات الدائرية الكبيرة عبر الأطلسي. ومثل كالاهان حاولا - لكن من دون نجاح - أن يلوحا للسفن، لكنهما استطاعا استخدامها لتقدير موقعهما. سجل هذا في كتابهما «66 يوما من الانجراف»[20].

خلال النهار من السهل رؤية سفن عابرة للمحيطات على مسافة تصل حتى عدة أميال. من ناحية أخرى، من غير المحتمل مشاهدة زورق أو طوافة نجاة من سفينة كبيرة. من الصعب رؤية زوارق صغيرة على مسافات أكثر من نصف ميل في المحيط. لا يتطلع الناس وهم على جسر سفن حاويات أو سفن صيد كبيرة عادة لمشاهدة سفن أصغر في البحار العالية، ومن المحتمل جدا أن توجه سفنهم بملاح آلي. يفسِّر هذا إلى حد بعيد عدم مشاهدة كالاهان وبتلر من السفن التي رأوها.

في الليل يمكن تمييز مرور السفن العابرة للمحيطات من أضوائها الملاحية، المؤسسة على معايير دولية. يبين هذا في الشكل (211). يضاء الجانب الأيسر من السفينة في المقدمة وإلى الجانب بضوء أحمر. ويضاء الجانب الأيمن للسفينة في المقدمة وإلى الجانب بضوء أخضر. فيما يضاء القسم الخلفي بضوء أبيض، على الرغم من أن الضوء الأبيض يرى أحيانا من 360 درجة إذا كان موجودا فوق الصارية.



الشكل (211): اصطلاح أضواء الملاحة على السفن البحرية.

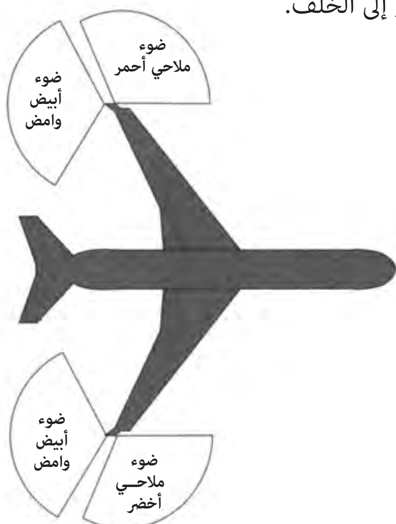
في كثير من الأحيان يُرى الضوء الأحمر والأخضر والأبيض على سفينة في الوقت نفسه، ويعطي هذا الناظر بعض الفكرة عن اتجاه السفينة. إذا شاهد مراقب ضوءا أحمر على اليمين وضوءا أخضر على اليسار فمعنى ذلك أن السفينة تتقدم نحوه. من ناحية أخرى إذا رأى المشاهد الضوء الأحمر على اليسار، والضوء الأخضر على اليمين فمعناه أن السفينة تبتعد عنه. إذا كان الضوء الأخضر وحده مرئيا، فإن القارب يتحرك إلى اليمين، وإذا كان الضوء الأحمر فقط مرئيا فستكون السفينة متحركة إلى اليسار. فن الاستذكار متوافر في الملاحة البحرية. لتذكر التموضع يمين/ يسار لأضواء الملاحة، يمكن للمرء أن يستخدم «نبيذ بورت أحمر»(*). يساعد هذا في تذكر أن الضوء الأحمر هو على يسار أو «بورت» السفينة.

الطائرات

الطائرات، مثل الطيور والسفن، يمكن استخدامها في بعض الحالات لتساعد في الملاحة. يمكن غالبا تحديد الطائرات خلال النهار بواسطة سحابة الذيل عاليا في السماء، وخاصة إذا كانت هناك جبهة هوائية دافئة آتية، وإذا تسكعت سحب الطائرة في الجو. من الصعب مشاهدة طائرات نفاثة تطير بسرعة ثابتة على ارتفاع

(*) التشابه بين «بورت»، وهي علامة النبيذ الأحمر الفرنسي، و«بورت» التي تعني الجانب الأيسر للسفينة، في الأصل «port wine is red». [المترجم].

ثلاثين إلى أربعين ألف قدم وحدها، لكن وجود سحابة ذيل، ولو كانت قصيرة، يمكن أن يساعد في مشاهدتها. في الليل تستخدم الطائرات اصطلاحات الأضواء نفسها المستخدمة في ملاحة السفن الشكل (212). يمكن تمييز اتجاه حركة طائرة ما في الليل من أضواء الملاحة على الجناحين. هناك أضواء ملاحة حمراء وخضراء موجهة إلى الأمام على نهايتي الجناحين (أخضر على اليمين وأحمر على اليسار) وأضواء بيضاء تومض تشير إلى الخلف.



الشكل (212): أضواء الملاحة على طائرة نفاثة حديثة. أضواء بيضاء تومض في مؤخرة الجناحين. عادة ضوء أخضر مستمر على الجانب الأيمن، وضوء أحمر مستمر على الجانب الأيسر.

يمكن أن تكون الطائرات مفيدة كمؤشرات على الاتجاه فقط إن كنت تعلم شيئا عن مواعيدها ومساراتها. في بعض المناطق مثل وسط الولايات المتحدة تكون الرحلات عشوائية جدا، بحيث تكون المعلومات ضئيلة عندما تشاهد. من ناحية أخرى، في مناطق أقل ازدحاما بالسكان، تكون رحلات الطائرات أكثر قابلية للتنبؤ. إحدى هذه المناطق نيو إنجلاند والمقاطعات البحرية في كندا. الطائرات التي تغادر مراكز السكان الكبيرة على الشاطئ الشرقي للولايات المتحدة متوجهة إلى أوروبا تغادر نموذجيا في فترة متأخرة من بعد الظهر وأوائل فترة المساء، وتتبع نوعا من طريق دائري كبير كما هو مبين في الشكل (209). في ذلك الوقت هناك عدد كبير

من الطائرات النفاثة العابــرة للمحيط الأطلسي تتبع طريقا من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي في رحلاتها المغادرة.

في المقابل تمر الطائرات العائدة من أوروبا فوق المقاطعات البحرية ونيو إنغلاند في منتصف النهار حتى أواخر فترة ما بعد الظهر. يظهر الشــكل (213) صورة قمر صناعي من إدارة الفضاء والطيران الوطنية الأمريكية (ناســا) لســحب ذيل طائرات نفاثة تظهر فوق نوفا سكوتيا باتجاه مميز جنوب غرب – شمال شرق. سميت هذه الفترة «فترة ازدحام الســير العالمية» (international rush hour) بســبب حجم الطيران الكبير خارج البلد.



الشــكل (213): سحب الذيل فوق نوفا ســكوتيا وخليج فندي من طائرات تطير من أوروبا إلى الساحل الشرقي لأمريكا الشمالية.

المناطق الأخرى من العالم التي يمكن استخدام مسارات الطائرات فيها لمعرفة الاتجاه هي شمال غرب المحيط الهادئ وخليج ألاسكا، حيث يمكن رؤية رحلات الطيران من آسيا وإليها على مسارات دائرية كبيرة. في شمال شرق المحيط الهادئ تكون الرحلات بين مدن الشاطئ الغربي للولايات المتحدة وجزر هاواي شائعة، ويمكن أن تفيد في تحديد الاتجاه.

يمكن الاستفادة من معرفة مهمات طواقم الطائرات للحصول على تثبيت جيد نسبيا للموقع. هذا مماثل لمعرفة طبائع الطيور. يأتي هنا مثال على استخدام الطائرة لمعرفة الموقع من الحرب العالمية الثانية. تحطمت قاذفة قنابل من نوع B-24 للويس زامباريني وفرانسيس مكنمارا وراسل ألان فيليبس على بعد 850 ميلا غرب أوهو في هاواي، ونجوا بركوب طوافة إنقاذ. انجرف الثلاثة غربا مع التيار الاستوائي الشمالي لكن بمعدل غير معروف. كانوا يعلمون أنهم ينجرفون باتجاه جزر مارشال، لكنهم لم يعلموا كم تبعد هذه الجزر إلى الغرب.

في أحد الأيام ظهرت قاذفة قنابل يابانية في السماء، وشنت عدة هجمات على الطوافة، ثم غادرت. بمعجزة لم يُجرح أي من الركاب الثلاثة، على الرغم من أن الطوافة احتاجت إلى إصلاح فوري. شرع فيليبس وزامباريني بتحديد خط الطول من معرفة توقيت هجوم الطائرة عليهم. افترضوا أن الطائرة جاءت من قاعدة يابانية في جزر مارشال، وربما غادرت بعد شروق الشمس مباشرة. أعطاهم زمن ظهور الطائرة مسافة محتملة عن جزر مارشال وعن خط الطول. الفارق بين خط الطول الذي سقطوا عليه وموقعهم أعطاهم معدل انجرافهم مع التيار، واستخدموه لتقدير موعد وصولهم إلى جزر مارشال. تنبأ فيليبس وزامباريني بموعد رسوهم بدقة يوم واحد فقط بعد انجرافهم في المحيط 47 يوما[21].

سر اللمعان تحت الماء

هناك ظاهرة غريبة تُدعى «تي لابا» (te lapa) في حيد سانتا كروز (جزر شرق جزر سولومون). وصفت بأنها «ضوء تحت الماء»، وبحسب تقارير الملاحين المحليين فإنها تشير إلى منحى جزر نائية في الليل. يصف ديفيد لويس مؤلف كتاب «نحن الملاحون» هذه الظاهرة بالقول: «إنها تتألف من خيوط وومضات ولوحات من

الضوء تومض فترات، وكلها موجودة تحت سطح الماء بعمق جيد. تماما كالبرق، فهي تلمع وتنطلق وهي في حركة دائمة. تحدث هذه الظاهرة تحت عمق أكبر بكثير من الإضاءة العادية لمسافة تمتد من قدم أو اثنتين حتى مسافة 1 فاثوم[22].

قابل لويــس ثلاثة ملاحين من مناطق متباعدة جــدا في المحيط الهادئ وصفوا كلهم ظاهرة مماثلة تشــير إلى اتجاه اليابســة. وعادة توجد على بعد يصل إلى مائة ميل عن اليابسة.

ذُكر «اللمعان تحت الماء» للويس من ملاح من جزر غيلبرت (جزء من جمهورية كيريباتي). تبعد جزر غيلبرت مســافة 1200 ميل من جزر ســانتا كروز. دعاها الملاح إبيرا من جزر غيلبرت بـ «te mata»، وأعطى وصفا مماثلا لتلك التي أعطاها ملاحو ســانتا كــروز: «ليس هذا تألقا ناجما عن تيار إثــر زورق، لكنه يرى أفضل ما يكون عندما يبحر الزورق ببطء شديد. يتحرك «te mata» كلما كان الانتقال من اليابسة أبعد، وكلما كانت المســافة إليه أقصر. إنــه ينطلق بسرعة في اتجاه أو أكثر بدلا من أن يذهب ويعود. إنه كالبرق. نراه على بعد 18 بوصة تحت الســطح وفي الأســفل. عندما تكون اليابسة قريبة هناك الكثير من التألق، ليس لهذا أي علاقة إطلاقا بـ «te mata»، وليست له أي فائدة في الإشارة إلى اتجاه اليابسة»[23].

قابــل لويس أيضا ملاحا من تونغو، على بعد 1400 ميل تقريبا من جزر ســانتا كروز أو جزر غيلبرت. والذي تحدث عن ظاهرة مماثلة. لكنه دعاها «ulo aetahi»، وتعني «مجد البحار». وصفت هذه الظاهرة كسابقتيها بأنها ضوء متألق ينطلق في البحر ويشير إلى اتجاه اليابسة.

ينجم الضوء الطالع من الزبد الذي يخلفه زورق من إنارة بيولوجية من متعضية وحيــدة الخلية تُدعى «دواميات الســياط» (dinoflagellate). إذا حدث اضطراب كبير في الضغط مثل وجود تيار خلف زورق، أو تحطم موجة على الشــاطئ، وســط تركيــز كبير مــن هذه المتعضيــات، يمكن رؤية إصــدار قوي من الضــوء. ربما كان الملاحــون الذين قابلهم لويس والذين تحدثوا عن ظاهرة التألق العادية «عنون بها التألق البيولوجي الصادر عن هذه المتعضيات.

هنــاك مثال معروف على الملاحة بحســب ظاهرة التألق البيولوجي. اســتخدم رائد الفضاء جيمس لوفيل، الذي قاد ســفينة الفضاء أبولو 13 ذات النهاية السيئة،

الضــوء من هذه المخلوقات للعثور على طريق النجاة. في العام 1954 انطلق لوفيل من حاملة الطائرات «شانغري لا» في بحر اليابان. تعطل جهاز ملاحته الإلكتروني ولم تكن لديه طريقة لتحديد موقع «شانغري لا». بعد أن أطفأ الضوء في قمرته، لاحظ أثــرا متألقا يظهر في التيار خلف حاملة الطائرات. تبع التيار المتألق هذا الناجم عن المحركات ورسا على اليابسة[24].

كتب ملاحون غربيون عن ظاهــرة مماثلة للمعان تحت الماء عند الاقتراب من اليابســة. في العام 1727 نشر القبطان جورج شيلفوك كتابه «رحلة حول العالم عن طريق البحر الجنوبي الكبير»، حيث وصف لمعانا غريبا في اتجاه الشاطئ نحو البرازيل يشبه أوصاف «te lapa»، وألمح إلى أن هذه المعلومة شائعة: «علي أن أقول لك إنك لا تــكاد تقترب من ســاحل البرازيل حتى تــرى في الليل نوعا مــن الضوء الخافت، يتألق ويومض (إذا صح وصفي هذا) في جزء من الأفق الممتد على الشــاطئ، عندما تبدأ بملاحظة هذه الظاهرة، ربما تطمئن نفســك أنك لسَــت على بعد أكثر من 25 عصبة عن اليابســة، بالتالي وجدتها وهذه هي (كما قيل لي) كانت ملاحظة الملاحين البرتغاليين جميعهم.

تُشــير ماريان جورج، التــــي تعاونت مع جورج لويس[25]، أيضــــا إلى رؤيتها لـ te lapa في عدد من المناسبات تحت قيادة ملاح خبير هو الزعيم كافيا[26]. تكتب جــورج: «أمكننــي أن أرى أن هناك بدايــة ونهاية لخط من نبضــات الضوء الآتية نحوي. حدثت بسرعة كبيرة جدا – في جزء من الثانية – بحيث إنه ليس من السهل رؤيتها أو وصفها»[27].

أجري اختبار حديث لظاهرة «te lapa» من قبل البروفســور ريتشــارد فاينبرغ مــن جامعة ولاية كنت في جزر ســانتا كروز فيكاو وتاوماكــو، حيث صادف لويس وجورج هــذه الظاهرة. قابل فاينــبرغ عددا كبيرا من البحــارة المحليين في المنطقة الذين أيدوا إلى حد كبير أوصاف لويس وجورج لهذه الظاهرة[28].

في العديــد مــن مقابــلات فاينبرغ، مع ذلــك، بــدا أن طبيعة هــذه الظاهرة واستخدامها، اختلفا من شخص إلى آخر. أبحر فاينبرغ نفسه في قارب مع ملاح خبير يدعــى كليمنت تينيو في جزر ريف في الليل، ليرى إن كان بوســعه شــخصيا توثيق هذه الظاهرة تحت ما بدا أنه ظروف جيدة للمشــاهدة. على الرغم من أن فاينبرغ

لاحظ العديد من ظواهـــر التألق البيولوجية العادية، فإنه لم يلاحظ الـ «te lapa». يقول فاينبرغ إنه شـــعر كأنه يبحـــث عن رجل الجليد الغامــض[29]. لكنه لم يرفض الفكرة تماما.

لـــو كانت ظاهرة «te lapa» جزءا مـــن الخيال الجماعي، فلن تكون المرة الأولى التـــي يتتبع العلماء فيها أضواء غريبة. هنـــاك تقارير أخرى عن أضواء غير مفهومة تظهر في الليل، خصوصا جاك – المصباح أو (Jack-o-lantern). هذا عبارة عن ضوء شـــبحي يقال إنه يظهر عائما فوق المســـتنقعات والأغوار في الليل وله تاريخ شعبي يصف منشأه.

مـــن ناحيـــة أخرى لـــو كان «te lapa» حقيقيا، فما العمليـــات التي تخلقه؟ في ورقـــة حديثة، قدَّم جورج بعض الأفكار. بين الأفكار التي اقترحها، الفكرة التي تقول إن التألـــق البيولوجـــي يمكن أن يكـــون المصدر الأصلي للضوء، لكـــن أنماط الأمواج والتضخمات بين الجزر يمكن أن تركِّز الضوء كما تفعل العدسات لخلق أنماط متغيرة تشـــير باتجـــاه الجزر. فكرة أخرى قدمها هـــي أن «te lapa» عبارة عن ضوء يرتبط بالنشاط الزلزالي[30].

مثـــل فاينبرغ وجورج أصبت بالفضول لمعرفة أصـــل الـ «te lapa». كان حدسي الأولي هو أنها ربما كانت مرتبطة بنوع من التألق البيولوجي يمكن تمييزه بســـهولة من مصادر عادية يجدها المرء في تيار خلف زورق أو من أمواج متحطمة. تناقشت مـــع زميل مـــن جامعة هارفارد هو ودلاند هيســـتينغ الخبـــير في التألق البيولوجي لمتعضيـــات دواميات الســـياط. أريته كتابات ديفيد لويس حول الموضوع، وســـألته عـــما إذا كان من الممكن أن يصدر دواميات الســـياط ضوءا يحدث هذا التأثير. قال بروفسور هيستينغ إنه رأى شيئا يطابق وصف الضوء تحت الماء عندما تثب الأسماك. في كثير من الأحيان فإن «الفســـفرة العادية» (normal phosphorescence) التي أشـــار إليها البحارة هي نتيجة التـــماوج البطيء للماء، لكن عندما تتعرض دواميات السياط لموجة ضاغطة فجائية فإنها تصدر ضوءا على مدى زمني قصير.

أخذني بروفسور هيستينغ إلى مخبره، حيث كان يحتفظ بقوارير ضخمة من الـ «psrocystis lunula»» وهي صنف من دواميات الســـياط. اســـتغرق الوقت مني عـــشر دقائق لتتأقلم عيناي عـــلى الظلام، ثم اســـتطعت أن أرى الضوء الصادر من

هذه المخلوقات الصغيرة. تصدر دواميات السـياط بعفوية ومضات من الضوء تبدو مثل شرارات كهربائيـة ضئيلة. إضافة إلى ذلك، لو ضربت بموجة ضغط فإن أعدادا بكاملهـا تصدر ومضات من الضوء. لدواميات السـياط إيقاعها اليومي الخاص بها: دورة نوم/ استيقاظ ترتبط بالليل والنهار. وهي تصدر الضوء خلال دورة الليل.

ليس من المفهوم تماما كيف تسـاعد ومضـات الضوء هذه المخلوقات كي تبقى على قيد الحياة. لكن إحدى الفرضيات تدعى نظرية «إنذار اللص». في نموذج إنذار اللص إذا كانت دواميات السياط بالقرب من القريدس أو مخلوق صغير آخر يحاول أن يأكلهـا، تطلـق موجة الضغط ضـوءا. وعندما يحدث هذا فهي تبعث برسـائل للمتهـمات أخرى قريبة منها، ربما تود أكل القريـدس أن هناك طعاما بالقرب منها. تلتهـم القريدس بسرعة من قبل الملتهم الأكبر منها، مما ينجي دواميات السـياط. مهما كانت الآلية، من الممكن تماما الحصول على ومضات لامعة سريعة من دواميات السـياط عندما تقفز الأسماك تحت الماء. ويطابق هذا وصفا لظاهرة «الضوء تحت المـاء». في نقاشي مع عدد مـن الغواصين وعلماء بيولوجيا المحيطات من معهد ودز هول للمحيطات أكدوا لي وصف البروفسـور هيسـتينغ عن نوع من وميض موجه لامع يرتبط بانطلاق الأسماك في مياه غنية بدواميات السياط.

أردت أن أضع هذا للاختبار في ظروف متحكم فيها. أعطاني بروفسور هيستينغ عينة صغيرة من دواميات السـياط. أخذتها إلى البيت وقرأت بعض المراجع حول طرق تربيتها. خلال عدة أشـهر، ربيت 4 لترات من مياه البحر تحتوي تركيزا عاليا منها في قبو منزلي. لتقليد حركة سـمكة بالشكل الأفضل في ظروف مخبرية فكرت أن طعـما مهتزا مقطَّعا ربما يقدم تقريبا معقولا. سـاعدني الدكتور فولفانغ روكنر مـن مركز علوم جامعة هارفارد بلطف على تصميم تجربة في غرفة مظلمة حيث اسـتخدمنا دلوا بلاسـتيكيا بطول 3 أمتار تقريبا، ملأته بمياه بحر غنية بدواميات السـياط. انتظرنا الدورة الليلية في الإيقاع اليومي لدواميات السـياط، ثم سـحبنا الطعـم خلال الدلو. بـدا الإصدار الضوئي الناتج بالفعل شـبيها جـدا بما تخيلته عـن «الضوء تحت الماء» المبني على الأوصاف التي قـرأت عنها. يمكن للقارئ أن يتفحص الوميض الذي سـجلناه على اليوتيوب تحت عبارة بحث باسـم: مشروع الضوء تحت الماء[31].

الآن لا يثبت وجود وميض كالبرق ناتج عن وثب الأسماك بأي شكل من الأشكال أن هذا هو أصل الـ «تو لابا». لكنه يقدم على الأقل تفسيرا معقولا. ربما يفكر القارئ الحصيف الآن كيف يمكن للأسماك القافزة أن تغطي معلومات حول الاتجاه، ويجب أن أعترف بأنه ليس لدي جواب على ذلك. من المعروف أن الأسماك الفتاكة الكبيرة تسبح نحو الجزر في الليل، لذا من الممكن أن ترتبط الومضات بهذه الهجرات. مازال أصـــل الـ «تو لابا» غير واضح، لكن هذه الفكرة على الأقل قابلة للاختبار. لو كان الـ «تـــو لابا» حقيقة، فلا بد أن يكون بالإمكان التقاطه بجهاز تصوير حســـاس. يمكن مقارنـــة تركيب الطيف لهذا الضوء بالتـــوزع المعروف لترددات الضوء التي تصدرها مجموعات دواميات السياط. ستكون هذه خطوة كبيرة في حل هذا اللغز.

18

قصة بينتابو

لا يوجد الملاحون بمعزل عن مجتمعاتهم بل هم جزء من نسيج تلك المجتمعات. لا توجد تقنيات الملاحة ككيانات مستقلة، غير أنه يجب حياكتها بعضها مع بعض خلال رحلة. فيما يلي وصف متصور بُني على أسطورة لملاحة أنثى دعيت بينتابو من جزر غيلبرت في المحيط الهادئ. أحاول من خلال عرض هذه القصة أن أبين كيف تجتمع عناصر الثقافة والملاحة والرحلات بعضها مع بعض. تتجمع قصة بينتابو حول رحلة من جزيرة تاراوا المرجانية إلى أبيماما في جمهورية كيريباتي الحالية.

قص القس الفرنسي ارنست ساباتيير أسطورة ملاحة تدعى بينتابو (Baintabu) من جزر غيلبرت في كتابه ركوب خط الاستواء. بحسب ساباتيير فقد رافقت هذه الملاحة فرقة مغيرة من موطنها في جزيرة أبيماما إلى جزيرة تاراوا المجاورة. في رحلة العودة من تاراوا سقطت من الزورق الأمامي، وأنقذت من قبل آخر زورق

«كانت هذه هي أسرار الملاحين».

في المجموعــة. لم يتمكن ســوى القارب الأخير الذي كانــت بينتابو عليه من العودة إلى أبيماما. يضع ســاباتيير تاريخ هذه الحادثة عنــد العام 1780 تقريبا. لا نعلم ما إذا كانت الحكاية كما رواها ساباتيير أسطورة، أم إنها مبنية على حوادث حقيقية.

قص كابيلي، وهو مســتوطن قديم في جزيرة جالويت من جزر مارشال، حكاية مشــابهة للقبطان وينكلر[1]. بحسب وينكلر خلال العام 1830 تقريبا أبحر أسطول صغــير مؤلف من 100 زورق في رحلة. هلكت المراكــب كلها عدا واحد منها كانت ابنة الزعيم على متنه. تقع جالويت على بعد 500 ميل شمال غرب أبيماما.

بنيت النســخة الأســطورية لقصة بينتابــو المذكورة فيما يلي عــلى تقارير عن التقاليــد الثقافية والملاحية لجزر غيلبرت من عدد من المصادر. في نحو زمن تقارير ساباتيير في العام 1938 اقتحم التأثير الغربي الأوروبي معظم الثقافات المحلية، غير أن ساباتيير ســجل بعض الآثار المتبقية، والتاريخ الشفهي لثقافة الرحلات. كتب السير آرثر غريمبل 1888- 1956 كثيرا حول ثقافة جزر غيلبرت وإســتراتيجياتها الملاحية في سلســلة من المقــالات. تفحص ر.ج روبرتس تاريخ الســلالات الحاكمة هناك وبنية نظام الطبقات في أرخبيل أبيماما[2].

اختــبرت العديــد من الإســتراتيجيات الملاحية المعزوة إلى تقاليــد جزر المحيط الهادئ في سلســلة من الرحلات التجريبية بدءا من ســتينيات القرن العشرين، أولا من قبل ديفيد لويس ثم من أعضاء بجمعية الرحلات البولينيزية المؤسسة في العام 1973. في الملحق 4 أذكر بعض الافتراضات التي استخدمت لخلق رحلة معقولة من تاراوا إلى أبيماما.

قصة بينتابو

جزر غيلبرت

يطلــق الاســم جــزر غيلــبرت (Gilbert Islands) على مجموعــة من الجزر المرجانية في جمهورية كيريباتي التي تقع على خط الاستواء، والمتشكلة فوق براكين تحت الماء خمدت منذ زمن طويل. يشــكل المحيط وجودا مهيمنا على تلك الجزر المنخفضة. أحيانا يبدو أن تضخمات كبيرة عند مدات عالية ستكتسح الجزيرة بقوة لا تقــاوم. يمكن للرياح التجارية التي تهب من الجنوب الشرقي أن تكون شــديدة كالمحيط، حانية شــجر جوز الهنــد إلى الأمام. كما أن مزيج أصــوات الأمواج التي

تتحطم على الشـــاطئ، والرياح التي تضرب الأشجار تشبه صوت وحش هائل يمزق هذه الجزر الضعيفة.

محاربو بيرو

في العـــام 1400 م تقريبا أغارت مجموعة من المحاربين من جنوب جزر غيلبرت عـــلى مجموعة من الجزر المرجانية إلى الشـــمال الغربي. في جـــزر غيلبرت الجنوبية هناك جزيرة واحدة مكتظة بالسكان تدعى بيرو (Beru)، ما وضع ضغوطا شديدة على مواردها. أنشـــا رجلان من بيرو، هما كيتو وأوكيا، أســـطولا مؤلفا من 37 زورقا لاجتياح الجزر إلى الشمال الغربي.

احتـــل محاربو بيرو في النهاية جزر أبيماما وأبايانغ وماراكي وتاراوا وميانا وكوريا وارانوكا (الشـــكل 214). يرجع العديد من الســـكان أصولهم إلى أولئك المؤسســـين. بعد اجتياح الجزر لم تكن هناك ســـلطة مركزية، ومع ذلك تعايش السكان بطريقة شبه سلمية على الرغم من اندلاع معارك بين العشائر المختلفة. لفترة طويلة جاءت السلطة الوحيدة على الجزر من زعماء محليين للقرى الرئيسة فيها.



الشكل (214): خارطة لجزر غيلبرت التي احتلت من قبل محاربين من جزيرة بيرو.

أباتيكو

عاشت عشيرة بينتابو على جزيرة اباتيكو. وهي أبعد نقطة غربا في جزر أبيماما. (الشــكل 215). بحسب الأسطورة، عاش ثلاثة إخوة على خط من الجزر إلى الغرب في وقــت لم تكــن فيه الأرض مفصولة تماما عن الســماء. تنازعــت الأخت الصغرى مع أبيها وأمها، وتركتهما في حالة غضب، وعثرت على بذور شــجرة ســحرية. زرعت البذور، وبعد فترة قصيرة نمت شــجرة عالية وصلت إلى الســماء. تســلقت الأخت الصغرى الشــجرة ووصلت إلى امرأة تدعى ناي ني كاراوا (امرأة من السماء)، والتي آوتها. كبرت البنت، وفي النهاية تزوجت، ورزقت بطفلة. وبينما كانت الطفلة تتجول في أحد الأيام رأت شجرة باندانوس (شجرة فاكهة تنتشر في جزر المحيط الهادئ).



الشكل (215): خارطة جزر أبيماما. المناطق السوداء هي لقرى.

أخبرت الفتاة أباها أنها ستتسلق الشجرة لالتقاط الفاكهة، غير أن والدها عنفها، «المرأة لا تتسلق الأشجار» بيد أن الطفلة أجابت «سوف أتسلقها بالتأكيد»، وبينما كانت تتسلق الشجرة تدلت خارج غصن منها لالتقاط ثمرة وانكسر الغصن فوقعت على الأرض، وسقطت على جزيرة أباتيكو، حيث قابلت الساكن الوحيد هناك، وهو رجل يدعى نا أوتونغا حيث تزوجته، وكان لها أطفال منه. أصبح الأطفال بحارة عظماء، خلقوا تقاليد الإبحار على هذه الجزيرة.

في الحقيقة تنحدر سكان أباتيكو الأوائل من محاربي بيرو. كان الجانب الشرقي من أبيماما المواجه للأرخبيل مكتظا بالقرى، الصغيرة منها والكبيرة على طول الساحل. مع ازدياد عدد السكان، اندلع القتال بين العشائر المتنافسة في القرى. غادر أسلاف بينتابو، الذين كانوا أقل ميلا للقتال الجزر الرئيسة، إلى جزيرة أباتيكو النائية. وبينما شكل الجانب الشرقي من أرخبيل أبيماما مراكز حضرية كبيرة نسبيا، طورت جزيرة اباتيكو ثقافة ملاحية قوية، حيث صنعت فيها أفضل الزوارق، وتجاوزت تقاليد الملاحة فيها المناطق الأكثر ازدحاما بالسكان في الأرخبيل. أصبحت اباتيكو بمنزلة نانتاكيت جزر أبيماما.

بكثافة سكانية أقل من بقية جزر أبيماما، توافرت لأباتيكو موارد طبيعية أكبر، وتمتعت بوفرة من الأشجار التي زودت الأخشاب لبناء الزوارق. كانت أباتيكو محمية من التضخمات الشرقية القوية خلف الأرخبيل، ما أكسبها حالة من الهدوء. على العكس من المضائق الضيقة للجانب الشرقي من الأرخبيل كانت الجزيرة عريضة، ما منحها وفرة من المياه العذبة.

كانت ثقافة اباتيكو ومزاجها أكثر تقشفا من شرق أبيماما، كان الرجال صيادين وبحارة وصانعي زوارق وملاحين ولم يفكروا في أنفسهم كمقاتلين. برع جد بينتابو في الملاحة، وقام برحلات عدة إلى جزر ماينا وتاروواوا وارانوكا عائدا بأعداد كبيرة من الأسماك وسلاحف البحر. كان أفضل صانع للزوارق في ابيماما كلها، وكان على معرفة وثيقة بالمياه التي تحيط بالأرخبيل كله الذي احتل في الأصل من محاربي البيرو.

تعلم والد بينتابو فنون الملاحة من أبيه، وبنيا معا خليجا على مسافة من القرية الرئيسة التي كانت تمتلك بيتين لصناعة الزوارق وكوخا غريب المظهر من دون قش (الشكل 216)، ومصفوفة من الصخور الموضوعة على الشاطئ. كان رجال القرية

يأتــون خلال الفصل العاصف (نوفمبر إلى مارس) ويســاعدون في بناء الزوارق، غير أنهم لم يســتطيعوا فك لغز الكوخ الغريب ولا الصخور على الشــاطئ، كانت هذه هي أسرار الملاحين.



الشــكل (216): الكــوخ مــن دون ســقف القش الــذي بناه والــد بينتابو وجدها.

صعود تيتابو

عندمــا كان والد بينتابو صغيرا جــدا حدثت حادثة صغيرة على الجزر الشرقية مــن أبيماما كان لها تأثــير كبير على الأراضي التي احتلها محاربو بيرو. ســافر زوج شــاب من قرية تابونتيبكي (انظر الشكل 215) إلى منطقة مقدسة تقع على القناة المنحنيــة بين الجزيرتين. رافقت تيارات قوية تدفــق المد من البحيرة وإليها. كانت المرأة حاملا منذ عدة أشــهر، وبحث الزوجان عن الســحر في القناة. مع تدفق المد خلال القناة إلى الأرخبيل أجريا الســحر، طالبين من الأرواح أن تعطي طفلهما روح محارب وجسما ضخما.

كان الطفل ضخما جدا بحيث كان يجب أن تتم ولادته بعملية قيصرية. ســميا الطفــل تيتابو، ونما بسرعة. لم يكن عملاقا فقط بــل محاربا عنيفا أيضا. عندما كان تيتابو في العشرين من عمره وحد بعض القرى في شرق أبيماما بعصابة سيطرت على معظــم تلك المنطقة. سرعان ما فرض حكما كان مزيجــا من الرعب والمكافأة مبنيا على الخضوع لســيطرته. خلق نظاما طبقيا عبر شرق ابيماما. إذا كان لدى عائلة أو عشيرة شيء ثمين تقدمه، وساعدته طوعا، فإنهم يصبحون أصدقاء له (inaomata). كان هــؤلاء من طبقة النبلاء وملاك الأراضي، غير أنه يمكن اســتدعاؤهم لمســاعدة تيتابو أيام الحرب. كان الرجال الأحرار الذين يمتلكون الأراضي من طبقة (aomata). أما الناس من دون أراض، لكنهم أحرار للعمل مع أي شــخص، فقد كانوا من طبقة

العامة (rang)، وكان العبيد من طبقة العبيد (toro). كان العامة والعبيد غالبا من الجمهور الذين تجرأوا على معارضة تيتابو. أما العبيد بشــكل خاص، فقد كانوا من أولئك الذين أسروا عند الإغارة على جزر مجاورة.

مع صعود تيتابو في الســلطة وتحكمــه في الجزر بدأ خطر خارجي يتهدده. بدأ محاربون من جزر ماراكيا الشمالية بالهجوم بانتظام على القرى المنعزلة في ابيماما. هنا ظهر والد بينتابو وجدها في الصورة. أدرك تيتابو أنه لن يســتطيع حكم أبيماما بالعنف والاستبداد فقط، بل عليه أن يدافع عنها أيضا. كان بإمكانه أن يبني أسطولا لصــد الغزاة من ماراكيا، غير أن هذا الأســطول بحاجة إلى مــلاح. زار تيتابو يرافقه مســاعدوه للمرة الأولى اباتيكو، التي كانت حتى تلك اللحظة بمنأى عن ألاعيبه من أجل السلطة. حصل والد بينتابو وجدها على سمعة مختلفة عبر أبيماما: بنوا أسرع الزوارق، وخرجوا في أبعد الرحلات، وعادوا من رحلاتهم البعيدة بينما هلك آخرون.

عندما كان تيتابو يصل إلى قرية جديدة في غزواته كان يطالب بفدية عادة على شــكل أراض أو تعهدات ليختــم صفقة الولاء له. غير أنه عندمــا نزل على أباتيكو، عرض على الســكان منحهم مكانة أسياد الأراضي، أو ملكية دائمة للجزيرة من دون دفع ضرائب من أي نوع، على شرط أن يقدموا خدماتهم كملاحين لأســطوله الحربي عندما يطلب منهم ذلك. اجتمع مجلس كبار الســن في أباتيكو، ووافق والد بينتابو وجدها على هذه الصفقة، مدركين أن رفضها ســيخلق لهما المتاعب، بينما ستضمن مساعدتهما الحماية لهما. جعلت عزلة أباتيكو النسبية منها عرضة للهجوم، ويمكنها أن تســتفيد من دفاع منظم مثل باقي مناطق أبيماما. كانت أول مهمة لتيتابو هي الإغارة على ماراكيا.

ســاعد والد بينتابو وجدها على تنظيم أســطول حربي مؤلف من 30 زورقا ضد ماراكيــا. في ذلك الوقت أصبح جدها طاعنا في الســن لا يتحمل الصدمات التي قد يتلقاهــا خلال الرحلة، لذا أصبح والد بينتابو هو الملاح الرئيس. قاد أســطولا صغيرا مؤلفا من 30 زورقا خلال الممر الغربي لجزر أبيماما، وإلى الشمال من ماراكيا. تغلب محاربو تيتابو بانتظام على سكان ماراكيا الأقل عددا وأنهوا بذلك غزواتهم. بعد هذا الانتصار دعي تيتابو «سيد الأرض»، مدعما سيطرته على أبيماما كحاكم لها ومدافع عنها. وفي المقابل أصبح والد بينتابو الملاح الملكي لتيتابو.

طفولة بينتابو

بحلول ذلك الوقت تزوج والد بينتابو. اعتبر الرجال في أبيماما في سن الزواج عند بلوغهم الخامسة والعشرين، بينما زوجت النساء في سن الرابعة عشرة أو الخامسة عشرة. تمنع احتياطات الزواج من الأقارب الزواج من ثنائي لهما السلف نفسه حتى ثلاثة أجيال رجوعا إلى الوراء. جعل عدد سكان أباتيكو القليل البالغ 50 شخصا هذه العملية صعبة، لذا زوج جد بينتابو وجدتها ابنهما من فتاة من جزيرة كينا القريبة. في التحضير للزواج كان على والدة بينتابو الشابة أن تمضي عدة أشهر في كوخ مظلم يدعى كو أو بيت التبييض، كجزء من طقوس متبعة لتبييض بشرتها. كان جلدها يدلك يوميا بزيت جوز الهند حتى يقرر أنها أصبحت بيضاء بما يكفي للزواج. جلب جد بينتابو وجدتها ووالدها الفتاة الشابة ذات البشرة البيضاء من كينا من دون احتفال. كانت تلك آخر مرة ترى فيها جزيرتها الأصلية.

سرعان ما حملت والدة بينتابو. وخلال حملها أنشد الأقارب والسحرة الأغاني الشعائرية لولادة ناجحة. دخلت والدة بينتابو في عملية الولادة، ووضعت بينتابو بمساعدة داية هناك، غير أنها بدأت تنزف. على الرغم من تعاويذ القابلة وأعشابها، نزفت والدة بينتابو حتى الموت. كان لوالد بينتابو الآن طفلة صغيرة يعتني بها، غير أنه كان عليه أن يساعد قرية أباتيكو كملاح رئيس للملك تيتابو.

عادة تؤدي الأم دورا رئيسا في تربية الأطفال الصغار، غير أن هذا أصبح الآن من واجب جدة بينتابو. تعاون والدها وجدها وجدتها كعائلة واحدة، وكذلك أولاد عمها الأكثر بعدا في أباتيكو.

وكفتاة صغيرة كانت بينتابو ترافق جدتها في جولاتها اليومية. عند المد المنحسر كانت تساعد في البحث عن القواقع من مخلفات المد. أحد الطقوس الصباحية المبكرة كان أخذ السماد إلى حفر البابي (babai). البابي عبارة عن قلقاس ضخم ينمو على شكل غذاء كربوهيدراتي. وكنبات محب للماء، فهو يربى عادة في بيئة مستنقعية. وبما أن التربة فقيرة في الجزر كان يجب إغناء حفر البابي بالسماد. تحتفظ العائلات مخلفاتها العضوية كلها في سلة، وفي كل صباح تخرج النساء وترمي هذه المخلفات في الحفر.

إجراء يومي آخر يتوقع أن تقوم به النساء كل يوم هو إنتاج الخيوط من ألياف قشرة جوز الهند. تعلمت بينتابو ذلك من جدتها وأولاد عمومتها. كانت الألياف

تفصل وتلف على الفخذ لصنع الحبال. استخدمت هذه الخيوط في كل شيء من ربط البيوت بعضها ببعض إلى صنع الألواح للإمساك بالأشرعة. في رحلاتهما اليومية إلى حفر البابي كانت بينتابو وجدتها تمران قرب بيوت الزوارق والكوخ من دون سقف. أغرمت بينتابو بالعمل الذي كان يتم هناك. احيانا، قبل أن يشرع والدها في رحلة بعيدة، كان يقضي الليل كله واقفا في الكوخ الغريب يتأمل السماء.

توسلت بينتابو إلى جدتها وجدها أن يدعاها في بيت الزوارق. بالتأكيد ستقوم بعمل مفيد هناك، جالبة الخيوط أو مهيئة نسغ خبز الفاكهة للصق الألواح. وافق جدها الذي كان يتولى صناعة الزوارق بتردد. كان بيت الزوارق يعمل جزئيا كناد للرجال حيث يتناقشون فيه بمواضيع عدة بعيدا عن سمع النساء، غير أنه بسبب ظروفها كان لـ«الشيخ ذي اللحية الرمادية» كما كان الرجال يدعون جدها نقطة ضعف لديهم، لذا تركوها تتجول بينما كانوا منهمكين في صناعة الزوارق.

على الجزيرة الكبيرة أبيماما كان التمييز في الجنس قويا بعد سن الخامسة، غير أنه لم يكن بالأهمية نفسها في أباتيكو. في الجزر الكبرى كان هناك تقيد صارم بالطقوس، حيث رُبي الرجال ليكونوا محاربين، وربيت النساء ليكن أمهات. غير أن ثقافة اتابيكو بنيت أكثر على المهارات الملاحية بدلا من المهارات القتالية بسبب عدد السكان القليل. على النقيض من مناطق أكثر ازدحاما في أبيماما، احتل التمييز بين الجنسين مكانة ثانوية مقارنة بالنزعة البراغماتية.

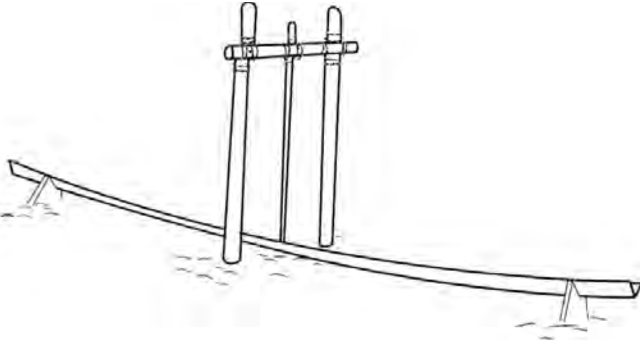
في بيت الزوارق تصادقت بينتابو مع ابن عمها كيميري الذي كان يتعلم كيف يصطاد ويبني الزوارق مع والده. كان كيميري أكبر بـ 5 سنوات من بينتابو غير أنه كان الطفل الآخر الوحيد في بيت الزوارق، وكان أشبه ببينتابو من الرجال الأكبر سنا.

يبدأ موسم بناء الزوارق عندما تضرب عواصف نوفمبر. يشار إلى هذا ببزوغ نجم الثريا بعد الغروب مباشرة. في هذا الوقت يدعم الرجل المسن ذو اللحية الرمادية بشكل منتظم بالعمالة. كانت المهمة الأولى هي جمع الأخشاب. تقطع أعمدة من مختلف الأنواع وتترك لتجف. صنعت العارضة الرئيسة للزورق من الخشب الجاف من شجرة مدارية دائمة الخضرة (te itai). وصنعت الأضلاع من الخشب اللين من شجرة (lantern). صنعت الأغطية من قطع من شجرة خبز الفاكهة. صنعت الصواري من جذوع شجرة جوز الهند. استغرق الأمر بضعة أسابيع

لقطع هذه الأشجار وسحبها إلى بيت الزوارق لتجفيفها. عند الخروج لقطع الأشجار كان كيميري وبينتابو يسيران معهم، لكن عندما كان الوقت يحين لقطع أغصان أكثر كانا يتظاهران بالمساعدة في نقلها.

وفيــما ينتظر الطاقم جفاف الخشــب، يبدأ بصنع أجهــزة الحفر. كانت أقوى مادة متاحة لتشكيل الخشب مصنوعة من صدف سمك البطلييِنوس الضخم. تقطع الصدفة بالشكل الملائم، ثم تربط بجديلة مع قبضة خشبية منحوتة لصنع الازميل. ما إن تربط حتى يشــحذ رأس الازميل بحجر من الصوان. تنحت أجزاء الزورق كلها يدويا باستخدام هذا النوع من الأدوات.

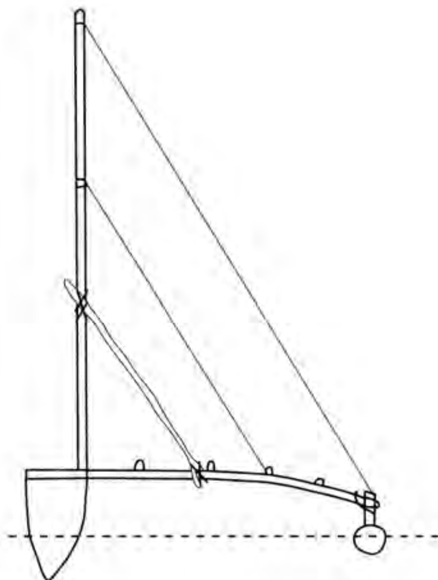
أول عمل لصنع الزورق هو تقطيع العمود الخشــبي ليصبح عارضة رئيسة على شــكل الحرف V باســتخدام الازميل. ما إن يتم هذا، حتــى يصنع منحنى العارضة الرئيســة (أو الهــزاز rocker) باســتخدام عصا مربوطة إلى إطــار لحفظ منتصف العارضة للأسفل، بينما يرفع الوتدان الطرفين (الشكل 217).



الشكل (217): يصنع «هزاز» العارضة الرئيسة V للزورق بواسطة وتدين وإطار.

كان شــكل الهيكل مهما جدا لسرعة القارب ومقاومتــه للانحراف. احتفظ جد بينتابو بالشــكل كله في عقله، وطلب من الرجال تشكيل كل لوح من خشب شجرة الفاكهة حسب المواصفات الدقيقة. كان للجد اسم آخر أيضا (te taibaire) وتعني الكيال. بني كل تفصيل من شــكل القارب (الشكل 218) على مقاس جسمه: عرض ظفر الأصبع، وطول الإصبع، وطول اليد، وطول الذراع من المرفق إلى اليد، والفاثوم

- طول ذراعــين مفتوحين. هنا بدأت بينتابو تعرض مواهبهــا في الملاحة: كان لديها دماغ يســتوعب الأرقام. كانت تتبع جدها من مكان لآخر، وتقارن طول لوح معين بالنسبة إلى جســمها، خالقة في عقلها جدول تحويل بأكمله من مقاييس جدها إلى مقاييسها الخاصة.



الشكل (218): مقطع عرضي لهيكل ومداد وصارٍ وإطار زورق من جزر غيلبرت.

في إحدى المرات ولدهشــة جدها الكبيرة، جاءت بينتابــو راكضة نحوه بخوف قائلة: «يربط الرجال الهيكل بحيث إن العارضة ضيقة جدا. عليك أن تأتي بسرعة». على الرغم من أنه ظن أن هذا نوع من التباهي من جانبها، فإنه ذهب معها ليتأكد. بينت بينتابو أن المســافة بين حافتي القارب في الأعلى يجب أن تكون ضعف طول ذراعهــا، غير أنها كانت أقصر من ذلك بطول يدها. عندما اســتخدم جدها ذراعيه للقياس وافق على ذلك، وهو يحك رأسه غير مصدق كما فعل أيضا الرجال العاملون على الزورق. على مدى سنين، وخلال الفصل العاصف، هيمنت بينتابو تدريجيا على الإشراف على صنع الزوارق مع استيعابها خبرة جدها في ذلك.

يبدأ فصل الصيـد والرحلات عندما يظهر النجم قلب العقرب بعد الغروب مباشرة، وينتهي عندما يظهر الثريا بعد الغروب مباشرة. فصل الصيد والرحلات يمتد من مايو إلى نوفمبر تقريبا عندما تهب الرياح التجارية باستمرار من الشرق والجنـوب الشرقـي، ويجري في الوقت نفسـه تيار بسرعـة 1 إلى 2 عقدة من الجنوب الشرقي إلى الشـمال الغربي. تتقلب الريـاح والتيار بدرجة كبيرة، حتى خلال تلك الفترة، بيد أنها غير موثوقة ومخادعة خلال أشهر الشتاء.

عندمـا بلغت بينتابو الثالثة عشرة بدأت ترافـق ابن عمها كيميري بانتظام في رحـلات صيد إلى الحيد المرجاني القريب خلال فصـل الصيد. مادام قد بقيا ضمن جزر أبيماما، فإنهما يكونان نسـبيا بأمان. استخدم كيميري خدعة للصيد تعلمهـا من والده: عندما يجـد بحيرة منعزلة يغـوص في مياهها، بينما تعتني بينتابو بالزورق. كان يفتش عن مخلوقات غريبة أثناء غوصه، وكان يعثر أحيانا عـلى نوع مـن بزاق البحـر (sea slug). بالعودة إلى السـطح كان يقطع بزاق البحـر على قطعة من حجر الصوان الذي حملاه في قاربهما للتثقيل، ثم يرميان اللحـم المطحـون في البركة. كان بزاق البحر بمنزلة سـم مخدر يجعل السـمك بطيء الحركة ويعوم على السطح من دون وعي. يقوم كيميري وبينتابو بالتقاط الأسماك العائمة وطعن الأسماك المتبقية التي تسبح بكسل أو العمياء في البركة، وغالبا ما كانا يعودان إلى أباتيكو بأسماك أكثر من حمولات زوارق أكبر بطواقم أكثر.

بدء تعلم الفنون الملاحية

كانت سـن الرابعة عشرة وقتا حاسما في حياة بينتابو. كانت أباتيكو جزيرة منعزلـة في الأرخبيـل، وكان بيت جدها وبيت بناء الـزوارق منعزلين حتى عن القرية الرئيسـة في أباتيكـو. أزيحت قضية التمييز بين الجنسـين عموما تحت البساط، لكن وقت الطمث مثل نقطة تحول مهمة في اتخاذ القرار. كان والدها موجودا في فصل العواصف فقط، حيث قضى معظم وقته كملاح لمجموعة أكبر من الزوارق خلال فصل الرحلات. لم تخطب بينتابو، لكنها كانت في السـن التي تدخل الفتاة فيها كوخ التبييض لتعزل قبل الزواج. اجتمع كبار السـن لمناقشـة

حالتهــا. كانت النســاء تبعد عادة عن عمليــة اتخاذ القــرار في القرية، غير أن هذا الاجتماع ضم بشــكل استثنائي جدتها وسيدات أخريات من القرية. حاجج البعض بأن مجرد كون بينتابو أنثى يجعل الحل الوحيد المناســب هو التفتيش عــن زوج ملائم لها من خارج الجزيرة وجعلها تدخل كوخ التبييض اســتعدادا للزواج منه.

ظل والــد بينتابو صامتا، لذا تكلمت جدتها: «هنــا في أباتيكو، لدينا امتياز كوننا من طبقة ملاك الأراضي. غير أننا حصلنا على هذا الامتياز فقط لأننا قدمنا للملك تيتابو الملاحين لأســطوله الحربي. من سيرث وظيفة الملاح الرئيس لتيتابو ولأبيمامــا؟»، تبع ذلك كثير من النقاش. ظهر كيميري وبينتابو فقط كمرشــحين محتملــين حيث أظهرا أفضل كفاءة، وقضَيا الكثير مــن الوقت في بناء الزوارق. تكلم بعض الناس لمصلحة كيميري، قائلين إن من الممكن لرجل فقط أن يحظى بالاحترام كملاح في الأسطول الحربي.

أخيرا تكلم جد بينتابو. فرض ســنه وحكمته في هذه القضايا احترام الآخرين له. بمعرفة ذلك، نظف حنجرته وبقي صامتا لفترة قبل أن يتكلم، كأنه يؤكد على تفكــيره العميق في هذه القضية. «يمكن للملاح أن يكون جيدا إذا ما اســتطاع توجيه الزوارق بأمان للعودة إلى الوطن. يســتغرق تدريب ملاح ســنوات عدة من الدراســة الجادة والصبر في هذه الفنون. أعرف كيميري وبينتابو منذ أن كانا طفلــين، ويمكنني أن أتكلم جيدا عــن إمكاناتهما. يمكننــي أن أقول لكم بينما يتمتع كيميري بالجرأة لا شيء يفلت من اهتمام بينتابو. هذه القدرة على رؤية كل شيء حولك واستيعابه بنظرة واحدة مهارة مهمة بالنسبة إلى الملاح. يمكنني القــول إن ذلك يسري في عروقها. إذا أردنــا الحفاظ على امتيازاتنا كنبلاء أراض، وإذا كان لأسطولنا أن يبحر ويعود بأمان فلدينا خيار واضح وحيد: دعوا بينتابو تتدرب على الملاحة». بعد فترة توقف أخرى هز كبار السن والسيدات رؤوسهم بالموافقة.

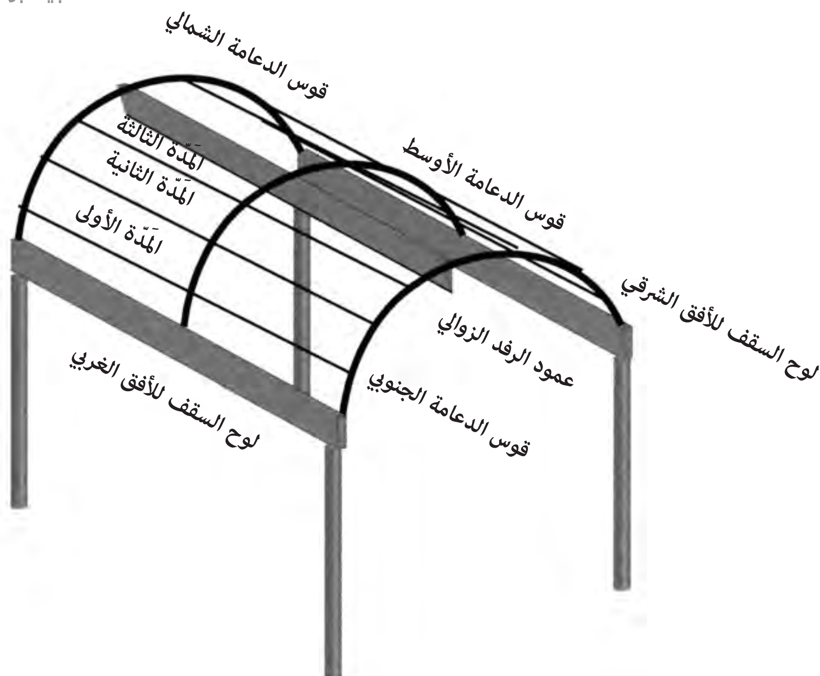
أعلمت بينتابو بقرار الكبار، وأعطيت تحديها الأول كوريثة لدور الملاح. قد تبــدو الثياب تافهة في مثل هذه القضايا للقــارئ في أيامنا هذه، غير أنها كانت في أبيماما قضية مهمة. عند بلوغ ســن النضج يلبس الرجال والنساء هناك ثيابا

مختلفة. يلبس الرجال المئزر وتلبس النساء تنورة من أوراق جوز الهند مقسمة في منتصفها. أعفيت بينتابو من عذاب كوخ التبييض غير أنها كان عليها أن تقرر كيف ستعرض نفسها الآن حين أصبحت امرأة ناضجة. قررت أن تحيك تنورة مصنوعة من لحاء الشجر. عرّف هذا بينتابو بطريقة فريدة، غير أنها كانت مقبولة بالنسبة إلى سكان أباتيكو كامرأة وملاح في الوقت نفسه.

حتى ذلك الوقت كان جد بينتابو وجدتها القوتين الرئيستين في حياتها، غير أن والدها بدأ الآن يؤدي دورا رئيسا في تعليمها الملاحة. في إحدى الأمسيات حضرت جدتها العشاء التقليدي الذي كان يقدم للملاحين كلهم قبل أن يغادروا في رحلة بعيدة. شاركت بينتابو ووالدها في هذا العشاء. ومع شروق الشمس قادها والدها إلى الكوخ الغريب من دون سقف.

بدأ والد بينتابو بالكلام في الغسق المعتم. «إذا أردت أن تصبحي ملاحا فعليك أن تعرفي النجوم. إنها مرشداتك الرئيسة في البحر. عندما تتطلعين إلى السماء في الليل تستطيعين فورا تحديد وجهتك، وتستخدمين النجوم كنقاط علام في الرحلات كلها بعيدا عن رؤية اليابسة. هذا الكوخ هو كيف نقسم السماء. ينظر معظم الناس إلى السماء ويدعونها سماء، غير أن الملاحين يدعونها سقف الرحلات». أدركت بينتابو على الفور مغزى الكوخ، ووجود والدها الغامض هناك في الليالي التي تسبق الرحلات الطويلة. كانت أداة تعليم ونوعا من مرصد فلكي. أدركت أن محور الكوخ الطويل وجه باتجاه شمال – جنوب. بدأ ذلك يعطي معنى لها. لاحظ والدها نظرة الفهم التي ظهرت على محياها.

تابع والد بينتابو حديثه، مشيرا إلى طريقة بناء الكوخ (الشكل 219). «أعلم أنك الآن تعرفين أن الكوخ يتمحور باتجاه شمال – جنوب. اللوح في الشرق يدعى "لوح السقف للأفق الشرقي". تشرق النجوم كلها على طول هذا اللوح. وتغرب النجوم كلها على "لوح السقف للأفق الغربي". بين نقاط الشروق والغروب، تتبع النجوم كلها طرقا في السماء تبدو مثل أقواس الدعائم. صنعت مع جدك هذا الكوخ بدعائم مقوسة لنظهر بالضبط كيف تتحرك النجوم عبر سقف الرحلات. لصنع الدعائم أخذنا أقوى الأخشاب التي تستخدم في صنع العارضة الرئيسة للزورق وحنيناها بالبخار».



الشكل (219): أسماء السمات الرئيسة في كوخ النجوم.

«لكن، هل تمثل هذه العارضات نجوما معينة؟» سألت بينتابو. وضعها والدها بحيث كان رأسها تحت قمة العارضة الوسطى. «العارضة الوسطى هي طريق نجم الرجل في جبار (Taubuki). هل ترين الرافدة الأفقية؟»، هزت بينتابو رأسها. «يدعى نجم الرافدة الأفقية (taubuki) أيضا. أعلى نقطة في السماء هي حيث يتقاطع مسار (taubuki) مع الرافدة الأفقية الوسطى. ومع شروق نجم ما فإنه يتبع عارضته الخاصة به نحو الأعلى في السماء، ويكون في أعلى نقطة له عندما يقاطع هذه الرافدة الأفقية الوسطى، ومع غروب النجم فإنه يتبع العارضة الخاصة به عائدا إلى الأفق الغربي».

تابع والدها حديثه: «العارضة الجنوبية هي للنجم Rimwimata (قلب العقرب). هل ترينه الآن؟» رجعت بينتابو إلى الوراء، ورأت قلب العقرب حيث إن معظم سكان الجزر كانوا يعرفون هذا النجم الذي يشير إلى حلول موسم الرحلات.

رأت أنــه كان يقاطــع تقريبا الرافدة الأفقية لخط الزوال. «العارضة الشــمالية هي لنجم الثريا. تعين النجوم كلها في الســماء نســبة إلى هذه العارضات الثلاث، ومواقع شروقها وغروبها ومرورها بخط الزوال. يجب أن تتمكني من تخيلها عبر الســماء في أي وقت من الليل، وفي أي وقت من العام».

«ومــاذا عن المدات بين الرافدات والصفائح الأفقية؟» تســاءلت بينتابو بصوت مرتفع. أجاب والدها «تقســم هذه ارتفاعــات الشروق والغروب للنجوم. عليك أن تعرفي عن ظهر قلب ما مجموعه 168 نجما. عليك أن تعرفي أين تكون هذه النجوم بالنســبة إلى المدات والصفائــح الأفقية وخط الــزوال، وللعارضات في أي وقت من الليل، وفي أي فصل».

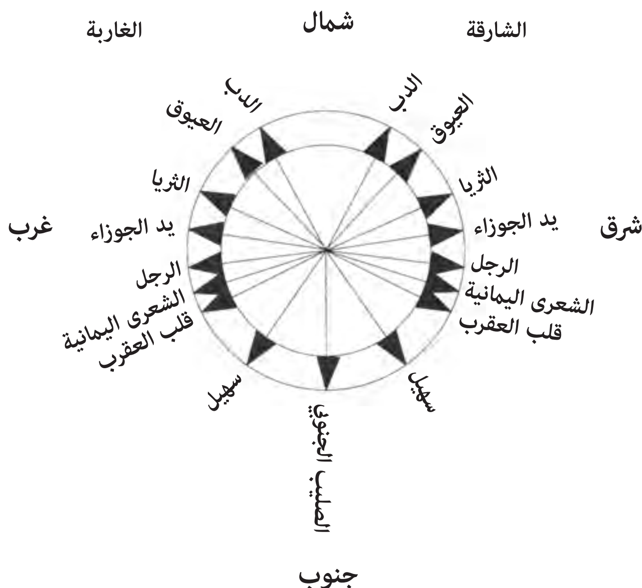
«لكن هذا سيستغرق أعواما» احتجت بينتابو.

«نعم سيســتغرق ذلك، غير أن هذه هي طريقة الملاح. استغرق الأمر مني سبع سنوات لأتعلم هذه المهارات من جدك. وسيستغرق الأمر كذلك منك».

مهارات الملاحة

لذا قامت بينتابو بزيارات ليلية إلى كوخ النجوم، وتعلمت أسماء النجوم واحدا بعد الآخر. درســت أولا النجوم الرئيســة. شــكل الدبران العارضة الرئيسة للزورق. سمي كذلك لأنه كان جزءا من الشكل V في السماء. حزام جبار هو «صيادو السمك الثلاثة» ويصل إلى رافدة السماء فوق جزيرة أبيماما مباشرة. كان العيوق (Capella) في «اتجاه الشــمال» لأنه كان خلف العارضة الشــمالية، وكان نجم سهيل في «اتجاه الجنوب» لأنه كان خلف العارضة الجنوبية.

ازدادت معرفتها تدريجيا بحيث شــملت النجوم الرئيســة كلها. أطلعها والدها على معاني الصخور المرتبة على الشاطئ. كانت موجهة باتجاهات الإبحار نحو الجزر الرئيسة: تاراوا وابايانغ وماراكاي ومايانا وكورياو أرانوكا. تعلمت كيف توجه الزورق نحــو كل جزيرة من هذه الجزر باســتخدام كوخ النجــوم. تعلمت كيف تربط بين منطقــة ما على الأفــق بحقل كل نجم من النجوم الرئيســة أثنــاء شروقه وغروبه (الشكل 220).



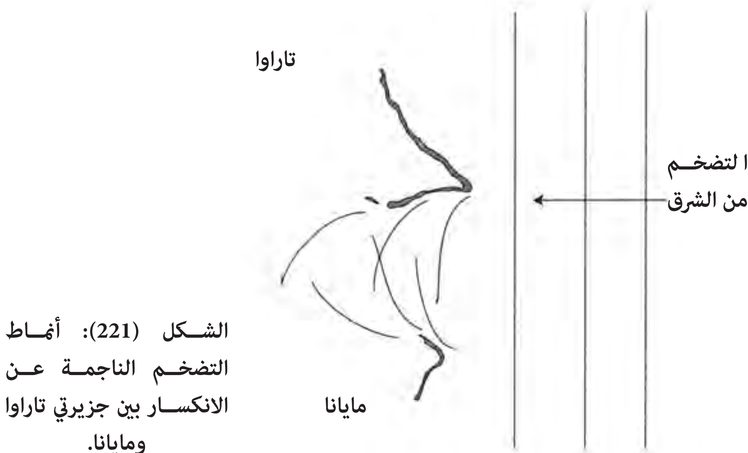
الشكل (220): بوصلة النجوم في جزيرة أباتيكو بناء على مواقع النجوم الشارقة والغاربة الرئيسة.

رافقــت بينتابو الآن والدهــا في رحلاته كلها للصيد، وعندما قرر الملك تيتابو أن يقوم بغـارة للنهب، وكابنة الملاح، كان عليها أن تنظم الأسـطول الصغير قبل هذه الغـارات. بناء عــلى أوامر الملك تيتابــو، كانت تبحر إلى القرى الرئيســة في أبيماما لتخبر الزعماء فيها متى يتجمعون للإغارة وأين. كانت بينتابو تركب في زورق الملك تيتابو في المقدمة في هــذه الغارات، حيث يقوم والدها بتعليمها فنون الملاحة كلها وامتحانها فيها. أخبرها أن على الملاح أن يحتفظ دوما بخارطة عقلية لزورقه نســبة إلى مواقــع شروق النجوم وغروبهــا والجزر القريبة المرجعية. غالبا ما اســتخدمت مايانــا كأكثر جزيرة مرجعية للدلالة على الموقع بســبب موقعها المتوســط في جزر محاربي البيرو.

تعلمت كيف تقرأ التيارات بملاحظة كيفية تشــكل سطوح الأمواج. تعلمت ما يخــص التضخم الرئيس (Nao Bangaki) أو التضخــم الجنوبي والذي نادرا ما كان يتحطــم، والذي يكون حاضرا في الظروف كلها، وفي أوقات الســنة كلها. خلال فصل قلــب العقرب كان هناك تضخم رئيس يأتي من الــشرق، مدفوعا بالرياح التجارية.

وكانـــت الرياح والتيـــارات في هذا الفصل أيضا تهب من الـــشرق والجنوب الشرقي بشكل رئيس. غير أنه خلال فصل الثريا تتغير الرياح لتهب أحيانا من الغرب، ويصبح التيـــار متقلبا بحيث يعكس اتجاهه في كثير من الأحيان ليأتي من الغرب. كان التيار هو الخطر الأكبر، واســـتغرقت مشاهدة أنماطه وفهمها رحلات كثيرة بحيث لم تكن رحـــلات الصيد والإغارة كافية لتعريف بينتابـــو تماما بالاحتمالات جميعها في البحر، لذا فقد اصطحبها والدها في رحلات خصصت فقط لتعريفها بهذه الاحتمالات.

في إحدى هذه الرحلات اصطحبها والدها إلى الممر بين جزر تاراوا ومايانا. قال لها إن هذه المنطقة خطرة حيث يمكن للملاح غير المطلع أن يخدع بـ «تيارات وهمية»، وهـــي دوامات اضطرابيـــة (edies) ناجمة عن تفاعل المـــد والتيارات والتضخمات. بـــين الجزيرتين كان التضخم الرئيس يأتي من الشرق (الشـــكل 221). أثناء إبحارهما متجاوزين القمة الشـــمالية لمايانا، أنزلا الشراع. أشار والدها إلى التضخم القادم من بعيـــد. «التضخم الشرقي الرئيس يحنى مـــن قبل جزيرة مايانا نحو الجنوب الغربي، ثم يجري بخط مســـتقيم مع التقدم شمالا». أبحرا شمالا نحو تاراوا، وخفضا الشراع مـــرة أخرى. «أصبح التضخم من مايانا ضعيفا، غير أنك بإمكانك الآن أن تشـــاهدي التضخم من تاراوا والذي ينحرف شـــمالا ثم يســـتقيم بعد ذلـــك. يلتقي التضخمان المنحرفان ويشـــكلان بحرا مرتفعا». اســـتوعبت بينتابو هذا الدرس. ثم أبحرا شمالا لصيد سمك البينيت على الحيد المرجاني شمال الممر الغربي إلى تاراوا (الشكل 222).



الشـــكل (221): أنمـــاط التضخـــم الناجمـــة عـــن الانكســـار بين جزيرتي تاراوا ومايانا.



الشكل (222): النصف الجنوبي من أرخبيل تاراوا.

بينما كانا يصطادان تغير اتجاه الريح من الجنوب الشرقي إلى الشـمال الشرقي وازدادت شـدتها. توقف والد بينتابو عن الصيد فورا، والتفت نحوها سـائلا «لماذا علينا أن نعود الآن إلى أبيماما؟»، بدا هذا بالنسبة إلى بينتابو جليا، «حسنا يا والدي، إذا لم نسـتغل الريح الشـمالية الشرقية فعلينا أن نبحر شمال تاراوا والقيام بسلسة مـن التعرجات للعودة إلى أبيماما. إذا أبحرنا باتجاه الريح الشـمالية الشرقية فربما نتمكـن من الإبحار مبـاشرة إلى أبيماما». أبحرا باتجاه الجـزر ثم خرجا مرة أخرى من خلال ممر بيريكي (انظر الشـكل 222) بين بيتيو وبيريكي. في الطريق خلال ممر بيريـكي رأت بينتابو زوجا مـن الطوافات من جزيرة تـاراوا، ولاحظت الاختلاف في شـكلي هيكلهما، والأعلام التي ترفع أعلاهما. وبنظـرة خبير في صنع الزوارق كانت تعلم أنها لن تتمكن جيدا من مواجهة الرياح كما تفعل الزوارق التي يبنيها جدها.

في الوقت الذي بلغت فيه بينتابو سـن السادسـة والعشرين كانت قد خدمت كملاح في غارتين للملك بيتابو، واحدة على كوريا وأخرى على أرانوكا، حيث عاد ومعه محظيتـان لولديه ناموريكي وبيتكي. بيتكي الولد الأكبر، كان ولي العهد الذي سـيرث العرش. على الرغم من أن والد بينتابو رافق السفينة الرئيسة في هذه الغارات، فإنه

لم يقل شـيئا وأعلم الملك تيتابو أنه مسـتعد للتنازل عن مركزه كملاح ملكي ليعيش حيـاة هادئة ويعمل في صنع الـزوارق في أباتيكو. أكد لتيتابـو أن بينتابو أصبحت جاهزة لأداء دور الملاح الرئيس لسيد البلاد وقبل تيتابو باقتراحه.

غارة سكان جزيرة تاراوا

عنـد بدء فصل الرحلات أو ظهور نجم قلب العقرب، كانت بينتابو مع ابن عمها كيمـيري يصطادان في الحيد المرجاني إلى الشـمال من الممر الغـربي إلى جزر أبيماما. كانـت هناك رياح معتدلة تهب من الجنوب الشرقي. على مسـافة بعيدة شـاهدت بينتابـو خطا من الصواري خارج الممر مباشرة. أعلمت كيمي بأن عليه أن يسـحب المعدات ويرفع الشراع. وبسرعة أبحرا باتجاه الصواري. لم يعلما بوجود أسطول عائد، ولم تكن هناك مجموعة من الصيادين بهذا الحجم. عدت ما مجموعه ثلاثين صارية. مع اقترابهما اسـتطاعت تمييز أشـكال الهياكل وقممها التي تميز زوارق جزيرة تاراوا، والتي رأتها أثناء رحلتها شمالا مع والدها.

غـيرت بينتابو مباشرة مسـارها، وأبحرت مع الريح نحو الجـزر الشرقية لأبيماما ومقر تيتابو. اسـتطاعت أن ترى أن أسـطول تاراوا الصغير كان يعاني من الإبحار ضد الريـح، وأنه يتعرج نحو الميـاه الضحلة لتلك الجزر. وبينما كان عليهم أن يمضوا عدة ساعات قبل أن يصلوا إلى الجزر الشرقية، كان بإمكانها أن تصل إليها في أقل من ساعة. وصـل كيميري وبينتابو إلى أرض تيتابو في قرية تيبونتيبيكي وأعلنا التحذير. أرسـلهما تيتابـو إلى القرى الجنوبية لجمع المحاربين، بينما تهيأ وأولاده للإبحار شـمالا لتحذير القرى الشمالية والقيام بالشيء نفسه.

هنـاك ثلاث جـزر تؤلف «مركـز» أبيماما: باريتوبـا وقرية تيتابـو تيبونتيبيكو وكارياتيبيكي وكل واحدة منها على مسـافة ميلين مـن الأخرى. توقع تيتابو أن يكون هـدف الغارة هو تلك القطعة المنحرفة من الشـاطئ، لذا فقد نشر محاربيه بسرعة اسـتعدادا للمعركة. ركض العديد من المحاربين على الطرقات، وأبحر بعضهم بأسرع ما يستطيعون، سابقين أسطول تاراوا المقبل.

تألفت عدة القتال لمحاربي جزيرة أبيماما غالبا من رماح برؤوس محززة من اسنان سـمك القرش، ورماح مدعمة بأسـنان سـمك القرش. اختبأ المحاربون خلف الأكواخ

والأشــجار للاســتفادة من عنصر المفاجأة. كان محاربو تاراوا في وضع ســيئ بالنسبة إليهــم، فقــد اختاروا اتجاها للإبحــار تطلب منهم الكثير مــن التعرجات في الاتجاه، ما أعطى محاربي أبيماما ثلاث ســاعات للتهيــؤ للمعركة. مع نزول محاربي تاراوا على الشاطئ بدأوا في الاقتراب من القرى. وسرعان ما قفز محاربو أبيماما دفعة واحدة من مخابئهــم، وهجموا بصرخات مرعبة. فاجأ هــذا الهجوم محاربي تاراوا. دخل بعضهم المعركة، غير أن آخرين ركضوا عائدين إلى زوارقهم ليبحروا سريعا باتجاه الريح.

أمــا محاربو تــاراوا الذين اختاروا البقاء والقتال فقــد قتلوا أو أسروا. أبحر بعض محــاربي أبيماما بزوارقهم لمطاردة محاربي تاراوا الهاربين. بشــكل خاص أرادوا التأكد مــن عدم مهاجمتهم أي قرية بعيدة. تبع المطاردون من أبيماما زوارق محاربي تاراوا خارجا متجاوزين الممر الغربي، غير أنهم عندما تأكدوا أن المنهزمين يتجهون إلى بلدهم توقفوا عن مطاردتهم.

بعد الغارة، قتل بعض محاربي تاراوا الأسرى بطريقة فظيعة في مشهد عام مقابل قــصر تيتابو. تركت الجثث لتتعفن في حرارة شــمس منتصف النهــار. أخذ عدد من النبلاء أسرى، للاســتفادة من فديتهــم، وأخذ آخرون كعبيد للعمــل في منازل أقارب العائلة المالكة.

طلــب تيتابو من بينتابو أن تفحص الــزوارق الحربية لتاراوا، وأن تقدم النصيحة حولها. رأت أن العارضة الرئيسة في الزوارق تفتقر إلى انحناء ملائم، وأن عمق الهيكل وميلــه لم يكونا مميزين، ما يفسر كفاءة الــزوارق المنخفضة باتجاه الريح. عادت إلى أباتيكو، وركزت على الصيد لباقي الفصل، غير أنها بناء على طلب تيتابو بدأت في بناء زوارق للإغارة عند بدء فصل الثريا. أعطيت تعليمات مماثلة لجميع القرى في أبيماما القادرة على صنع قوارب للحرب.

خطط للإغارة على تاراوا

في نهايــة فصل الثريا (Nei Auti) تقريبا وصل رســول إلى أباتيكو طالبا حضور بينتابــو إلى قصر الملك تيتابو. وافقت بينتابو، طالبــة أن يرافقها ابن عمها كيميري. وافق الرسول على ذلك. أبحرت بينتابو في اليوم التالي مع كيميري لرؤية الملك تيتابو. سحبا زورقهما على الشاطئ، وسارا خلال قريته، مرورا بمنزل محظياته وأولاده.

دخلـت بينتابو وكيمـيري البناء وانحنيا أمـام تيتابو. كان سـيد البلد محاطا بحاشـيته من جانب، وبولديه ناموريكي الأصغـر وبيتكي الأكبر على الجانب الآخر. بدا تيتابو مهيبا.

«بينتابو عليَّ أن أخبرك أنني قررت الإغارة على تاراوا. لا يمكنني أن أتحمل غارة عـلى بلدي وأدعها تمر من دون رد. طلبت مـن وريثي بيتكي أن يقود الغارة، لكن يجب أن أحصل على مسـاعدتك كملاح. بيتكي سـيقود، غير أنك ستكونين مسؤولة عن وصول الأسـطول إلى هناك، والعودة مرة أخرى. يمكنك المساهمة في أي غنائم يحصل عليها محاربونا».

«سـيدي، أنـا راغبة في ذلك، لكن أرجو أن نناقش بعـض التفاصيل. كم زورقا تريد في أسـطولك؟ تاراوا بلد كبير، وهنـاك الكثير من القرى والجزر. أين تريد أن يكون الهجوم؟».

«بينتابو، أتوقع أن نحصل على سـبعين زورقا حربيا وستمائة محارب. بالنسبة إلى توقيـت المغادرة أترك ذلك لك. بالنسـبة إلى الهجوم أخـبرني الأسرى من تاراوا أن هنـاك مركزين للسـلطة، أحدهما في قرية تابيتوا باتجـاه هبوب الريح، والثاني في قريـة في بيتيو على الطرف الجنوبي الغربي من الأرخبيل. دمج الزعيمان قواتهما للإغارة على بلدنا في الفصل الماضي».

فكرت بينتابو لدقيقة ثم قالت «سيدي، عليَّ أن أقول لك إن هناك بعض النواحي الخطرة لهذه الغارة، ويجب دراسـتها بعنايـة. إذا أبحرنا بعد بدء فصل قلب العقرب فسـيكون الوصـول إلى هناك سـهلا وسريعا، لكن رحلة العودة ستسـتغرق خمسـة أضعـاف المدة، وسـتحتاج إلى ملاحة ماهرة والتزام صـارم بالنظام من طاقم الزوارق. هل تدرك هذا؟».

هز الملك تيتابو رأسـه موافقا، واسـتدار إلى بيتكي الذي توقف قليلا، ثم هز رأسه أيضا: «تابعي».

«بالنسـبة إلى القرية المقصودة سوف نصادف بالتأكيد أشكال الرياح نفسها التي صادفها محاربو تاراوا أثناء هجومهم علينا إذا قصدنا قرية تابيتوا. سيكون هذا في غير مصلحتنا. من ناحية أخرى، إذا قصدنا القرية على جزيرة بيتيو يمكننا أن نبحر إليها عبر الممر الغربي لتاراوا، وبتعرج واحد نبحر مباشرة إلى بيتيو، لكن علينا أن نرسو عند المد

العالي، لأن هناك حيدا مرجانيا شديد الانحدار ينكشف معظمه عند انحسار المد».

فكـر تيتابو للحظة ثم قال «ليكن كذلك، سـيقوم بيتـكي بجمع المحاربين وإجراء الترتيبـات اللازمة للغارة. يمكنك العودة إلى أتابيكو والاسـتعداد مع الزوارق»، انحنت بينتابـو وكيميري مرة أخـرى وغادرا. مـع مغادرتهما القصر أمكنهما سـماع تمتمات الحاشية وبيتكي غير الواضحة وهم يتحدثون.

في أباتيكو استدعى كيميري الرجال في القرية وأخبرهم بالقرار. بعد أيام، وصل ابن الملك تيتابو مع بعض مسـاعديه إلى أباتيكو. قام بيتـكي مباشرة بالبحث عن كيميري وسـأله عن اسـتعداداته. أجاب كيمـيري بأنهم يجمعون السـمك المجفف، ويعدون الأرض لتخزيـن مياه الشرب العذبة للرحلـة إلى تاراوا والعودة منها. غير أن بيتكي بدأ يفقد صبره «لست أتكلم عن الطعام والشراب، أتكلم عن الأسلحة، أنتم سكان أباتيكا مشهورون كبحارة، لا كمحاربين، بينما يقود سكان القرى على اليابسة الهجوم، تكونون أنتم بالتأكيد في مؤخرة الأسـطول». بعد هذا الكلام تحرك بيتكي وقفز في قاربه وأبحر مع حاشيته.

الرحلة إلى تاراوا

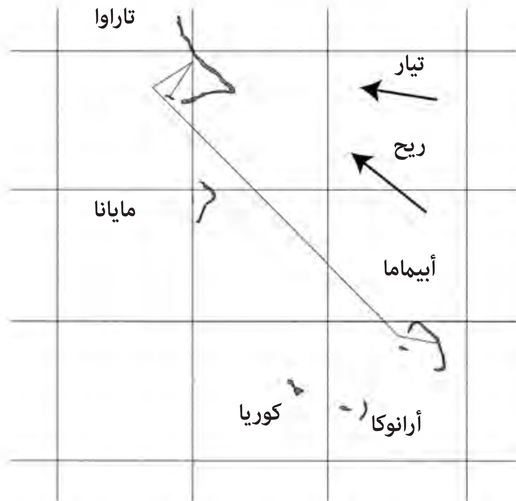
عندمـا جـاء فصل الرحلات أرسـلت بينتابـو إلى الملك تيتابو تعلمـه بأن زوارق الأسـطول أصبحت جاهزة بعد يوم من بدء الشـهر القمري التالي. في الأسـابيع التي سـبقت الغارة، قضت لياليها في كوخ النجوم، ومشت خلال النهار إلى الطرف الجنوبي من أباتيكو. على الشـواطئ المواجهـة للمحيط، نظرت إلى الطريقـة التي تتكسر بها الأمواج، والتي تظهر التغيرات في اتجاه التيار. نظرت إلى دورات أنماط الطقس، محاولة تحديد الوقت المناسب لانطلاق الأسطول.

أخيرا، أصبحـت الدلائل كلها تؤيد الرحلة إلى تاراوا. أعلمت تيتابو بأن الأسـطول سـيتجمع في المياه قرب قصر الملك، وسـيكون جاهزا للإبحار عند غروب شمس ذلك اليوم. شـحن سـكان أباتيكا قواربهم الحربية بالسـمك المجفف، وفاكهة الباندانوس المجففة، وجعب الماء والأسلحة. عبر كيميري وبينتابو والمحاربون من أباتيكو إلى قرية تيتابو حيث كان الأسـطول يتجمع هناك. كان هناك مـا مجموعه 80 زورقا، رفع كل منها شعار عشيرته أعلى الصارية. كان أكبر تجمع للزوارق الحربية تشهده تلك الجزر.

عبرت بينتابو إلى الزورق الأمامي مع ابن الملك تيتابو الأكبر بيتكي قائد الحملة. كان العراف جالســا في مؤخرة الزورق وعلى رأســه قبعة من الريش. قرب الغروب، أعلمــت بينتابو بأن عليهــم أن يبحروا عندما يبزغ القمر بعد الغروب بوقت قليل. كان بيتكي مسؤولا عن النظام في الأسطول، وكانت الزوارق الأمامية ممتلئة بالمحاربين الذين كان يكن لهم كل تقدير. وكعلامة على احتقاره للبحارة من أباتيكو فقد وضع قواربهم في مؤخرة الأسطول.

في العتمة المحتشــدة تمايل الأســطول في المياه. أشــعلت النيران على الشاطئ، وصدحــت النســاء بالتعويذات على حافة المــاء. عندما بزغ القمــر من الشرق في السماء، خيم الصمت على الجميع. مع عبور القمر فوق أعلى شجر النخيل، أشارت بينتابو إلى بيتكي أن يبدأ الرحيل.

أبحــر قارب بيتكي في المقدمة، قامت بينتابو بتوجيهه باتجاه نجم قلب الأســد الذي كان يغيب، والذي كان المســار نحو الممر الغربي. كان القمر مكتملا إلى ثلاثة أرباعه، وقد أنار البحر وأشــجار النخيل البعيدة. في هذه الأنحاء يأتي التيار المنحسر بعد 3 ساعات من بزوغ القمر، وقد حمل الأسطول معه خلال الممر الغربي لأبيماما بقوة تيار المد (الشكل 223).



الشكل (223): رحلة الأسطول الحربي الصغير من أبيماما إلى تاراوا.

مــا كادت بينتابو تتجاوز الحيد الغربي حتى شــعرت بالتضخم الجنوبي يدحرج الزورق بلطف. أمرت بتغيير الاتجاه شــمالا بعرض يد واحدة إلى الجنوب من نجم الــدب الذي كان يغيــب، والذي كان يقودهم مباشرة إلى جزيــرة تاراوا. بعد وقت معين، مع تجاوزهم الطرف الشمالي من جزيرة أبيماما تركوا مؤخرتها، وبدأ التضخم مــن الشرق يهيمن مع الرياح التجارية من الجنوب الشرقي. كان هذا عبورا ســهلا: اجتمع التيار مع الرياح لدفع الأســطول نحو الأمام شــمالا. يردد الملاحون في هذه الأنحاء كثيرا أن العالم يميل إلى الشــمال الغربي بما أن التيار والرياح يتحركان للأسفل دوما في ذلك الاتجاه. كانت بينتابو تعلم أن رحلة العودة ستكون أكثر صعوبة بكثير.

حافظت بينتابو على مســارها نحو الشــمال الغربي مسترشدة بعدد من النجوم التي تغيب على التوالي: يغيب قبضة الدب الأكبر أولا ثم النجوم الأصغر. قبل شروق الشمس مباشرة، ظهر كوكب الزهرة في الشرق. كان آخر نجم رئيس يغيب هو النسر إلى الغرب – شــمال غرب. اتجهت بينتابو بمقدار عرض يد ونصف اليد إلى الشــمال من ذاك الموقع. أشرقت الشــمس واستمروا في مســارهم، مستخدمين التضخم من الشرق كدليل. حالا بدأت بينتابو تشعر بانعكاس التضخم الشرقي من جزيرة مايانا على مد الأفق.

بحلول منتصف الصباح علمــت بينتابو أنهم أقرب ما يكونون إلى جزيرة مايانا التي كانت إلى الجنوب الغربي منهم. كان الأسطول الآن يعبر الممر سيئ السمعة بين مايانــا وتاراوا، حيث تكون التيارات قوية ومتقلبــة. أعطت بينتابو الأوامر بالاتجاه أكثر نحو الشمال لأخذ التيار بعين الاعتبار، وللمحافظة على الاتجاه. خلال فترة بعد الظهــر الباكرة تقريبا مروا على بعد بضعة أميال إلى الجنوب من بيتيو على الطرف الجنوبي الغربي من تاراوا، وكان بإمكانهم مشاهدة أعالي شجر النخيل عن بعد. كان النزول على طرف المحيط من بيتيو غير ممكن، لذا أبحر الأسطول شمالا حتى وصل إلى الممر الغربي لجزيرة تاراوا.

عند منتصف الظهيرة أعطت بينتابو الأوامر للتحرك إلى الشــمال– شمال شرق، مقتحمــة الريــح بقوة. عبروا الممر الغــربي مدفوعين بالمد الداخل. أبحروا لمســافة معينة في مياه الجزر. وعندما عرفت بينتابو أنها حصلت على زاوية نهائية جيدة إلى بيتيو أعطت أوامرها بالتوجه في الرياح، وبدأ الأســطول مرحلته الأخيرة إلى الجنوب

الغربي نحو بيتيو. اســتدارت بينتابو إلى بيتكي قائلة: «على هذا المسار سنصل قريبا إلى بيتيو، جاء دورك الآن».

أمر بيتكي الأســطول أن يأخذ وضعية الهجوم بأســطول صغير مؤلف من عشرة زوارق في المقدمــة، بينــما تتبعه الــزوارق الأخرى. مع اقتراب الأســطول من بيتيو اســتطاعت بينتابو أن ترى أولا قمم أشــجار النخيل، ثم أضــواء النيران بالقرب من الشــاطئ. خططت بينتابو للرحلة بحيث يصلون إلى شواطئ بيتيو قرب المد العالي، فالحيد المرجاني والشــاطئ في بيتيو ضحلان جدا، والرسو عند أي وضع باستثناء المد العالي سيعرض المحاربين للخطر[3].

النزول على ساحل بيتيو

كانت الشمس تهبط في غرب الســماء، وأصبحت أشجار النخيل وأضواء النيران أوضح مع رســو الزوارق على الشاطئ. لمعت الزوارق بالرماح والأشرطة مع تحديق المحاربين نحو الشاطئ. مع اقترابهم انجرف صوت غريب نحوهم: يغني.

تبــادل العراف وبيتكي نظرات قلقة. ســأل بيتكي: «لماذا يغنــون؟» هز العراف كتفيه: «ربما يســتعدون للهجوم أثناء نزولنا على اليابسة؟» مع رسو الزوارق صمت المحاربون. كانت هناك نســاء يلبســن تنانير من الأعشاب ويرقصن قرب النار. كان الرجال يلوحون أذرعهم بحركة تقول: «تعالوا إلى هنا». نزل بيتكي والعراف وبينتابو مــن الزورق. رفع بيتكي ذراعه طالبا مــن المحاربين الانتظار. اقترب رجل بقبعة من الريش نحوهــم محاطا برجال عزل ملطخين بالأصبغة وذراعــاه ممدودتان. كانت هناك نظرة من عدم التصديق على وجه بيتكي.

ابتســم ملــك بيتيو وقال: «أهلا يا أصدقائي. نقــوم بتحضير وليمة على شرفكم. أعلم أنكم ربما تعتقدون أن هذه خدعة، لكن دعوني أؤكد لكم أننا ليست لدينا أي نية في قتالكم. من الواضح أنكم جئتم بأعداد أكبر ونرغب فقط في تكريم محاربيكم الشجعان». بدا بيتكي مندهشا جدا.

اســتدار الملك نحو بينتابو والعراف «أرى أنك اصطحبت رئيس السحرة والأميرة معك»، لكن بيتكي هــز كتفيه متعجبا، ونظر إلى بينتابو قائلا «إنها مجرد محظية». شــعرت بينتابو بأنها طعنــت في الصدر بهذه الكلمات. هز ملك بيتيو رأســه، كأنه

يقول إنه فهمهم، وأشار إليهم بالحضور: «أخبر محاربيك أن ينضموا إلى الحفلات على طول الشاطئ». مرر بيتكي الكلمة إلى محاربي الأسطول، ورحب بمحاربي أبيماما إلى الولائم حول النيران.

قدم للمحاربين أفضل أنواع السمك الشهي، مع مشروب جوز الهند المعتق. وسريعا ما ثملوا ورقصوا مع النساء من جزيرة تاراوا. غير أن بينتابو عادت إلى الزوارق الحربية عند الشاطئ. أحيانا يشار إلى موقعنا الحقيقي في الحياة في لحظة خاطفة، ويكشف هذا عنا الأوهام، ما يتركنا في حالة من البحث عن الهوية. يمكن أن يكون ذلك مدوخا، كأن الإنسان يسقط من الفضاء. لم تستطع بينتابو سوى التحديق في البحر وهي تراقب بزوغ القمر فوق الجزر مع بريق النيران المتأججة وراءها، وانجراف أصوات الغناء والصراخ نحو حافة الماء. قبل ليلة واحدة كانت الملاح الرئيس للملك تيتابو، وهاهي الآن تعتبر مجرد محظية ترافق بيتكي. وبدلا من المشاركة في الاحتفال عادت إلى الطعام البسيط المخزن في الزوارق الحربية، ونامت، بينما استمر الاحتفال حتى الهزيع الأخير من الليل.

عند شروق شمس اليوم التالي مشت بينتابو وتفقدت الحطام البشري الملقى على الشاطئ. كان المحاربون السكارى نائمين في كل مكان. عاد سكان بيتيو المحليون إلى أكواخهم. تمشت على طول الشاطئ حتى وجدت الزورق الأباتيكي الذي ساعدت هي في بنائه، ونصبت واقية صغيرة من الشمس من الأغطية المستخدمة لتخزين الأشرعة خلال العاصفة. لم يكن هناك ما تفعله في هذا الوقت سوى الانتظار.

خلال منتصف النهار تقريبا عاد كيميري إلى الزورق، وهو متعب. شاهد بينتابو، وببعض الدهشة سألها: «ما الذي حدث لك؟».

«لقد دعاني بيتكي محظيته أمام الملك بيتيو. في لحظة أنا ملاح تيتابو، وفي اللحظة التالية أنا عاهرة».

هز كيميري رأسه «كنت أخشى أن يحدث شيء كهذا عندما نصل إلى تاراوا. الرجل ليس جيدا، وسيكون ملكا سيئا عندما يموت تيتابو. ما الذي تودين صنعه؟»

«ما الذي أستطيع فعله؟ نحن بعيدون عن الوطن، وأمامي رحلة صعبة جدا للعودة. ولهؤلاء المحاربين عوائل تعتمد عليهم. تقع علي مسؤولية رجوعهم بأمان إلى الوطن بغض النظر عن بيتكي. عليَّ الآن الانتظار حتى يحين موعد العودة».

«أنت فخر جزيرة أباتيكو» قال كيميري «ما الذي يمكنني فعله لمساعدتك؟».

نظــرت بينتابو عبر المياه اللازوردية إلى الجزر، محدقة في البعيد ثم التفتت إلى كيميري: «تحت هذه الظروف لا يمكنني التحدث مع بيتكي بينما نحن على اليابسة. عليك أن تعمل وســيطا لنقل الرســائل بيننا. لا يمكننا الإبحار في أي وقت. يجب أن تكــون الريح ملائمة لرحلة العودة وإلا فإن التيارات ســتدفعنا بعيدا في البحر نحو الشــمال الغربي. ليس هناك أرض. ســمعت عن زوارق سحبت في ذلك الاتجاه، ولم تعد أبدا. اعثر على بيتكي وأخبره أنني سأنتظر حتى يحدد موعد عودة الأسطول إلى أبيماما، وسأقرر وقت المغادرة».

هَزّ كيميري رأسه موافقا «كما تشائين بينتابو. هذا أقل ما يمكنني فعله».

مــرت أيــام عدة لكن بينتابو لم تكــن عاطلة. أقامت نســخة مصغرة عن كوخ النجوم من جذوع النخل. كانت رحلة العودة إلى أبيماما صعبة، وتتطلب العديد من التعرج. كان عليها أن تخطط لأفضل مســار وظروف لتقاوم التيار والرياح السائدة التي كانت متحالفة ضدها بحيث كانت تدفع كل شيء في المحيط إلى الأســفل من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي.

في مخيلتهــا أدارت بينتابو عــدة احتمالات لرحلة العودة، بنــاء على قوة إبحار الزوارق ضد الرياح. بحســب الظروف، فإن بعض الرحلات تفشــل بشكل سيئ. إذا كانت الرياح ضعيفة، أو كانت تهب من الاتجاه الخاطئ، فلا يمكن للزوارق أن تقاوم التيــار. حتى لو كانت الريح قويــة بما يكفي، فإن الملاحة الناجحة تحتاج إلى توقيت جيد، واستخدام الجزر لضمان مرور آمن. أخيرا توصلت إلى حل عملي في ذهنها.

متع بيتكي ومحاربوه أنفســهم في البداية بكــرم ملك بيتيو، غير أنهم سرعان ما سئموا حياة الترف. جاء كيميري في أحد الأيام إلى بينتابو قائلا: «قرر بيتكي أنه جاهز للعودة إلى أبيماما. إنه يحضر نفسه للعودة».

«أخــبره أن الريح ضعيفة جدا الآن، لا يمكننا المغادرة حتى تهب ريح قوية من الجنــوب الشرقــي. إذا غادرنا الآن فــلا يمكننا مقاومة التيار». أومأ كيميري برأســه وغادر. وعندما عاد قال إنه سينتظر قرارها بخصوص وقت المغادرة.

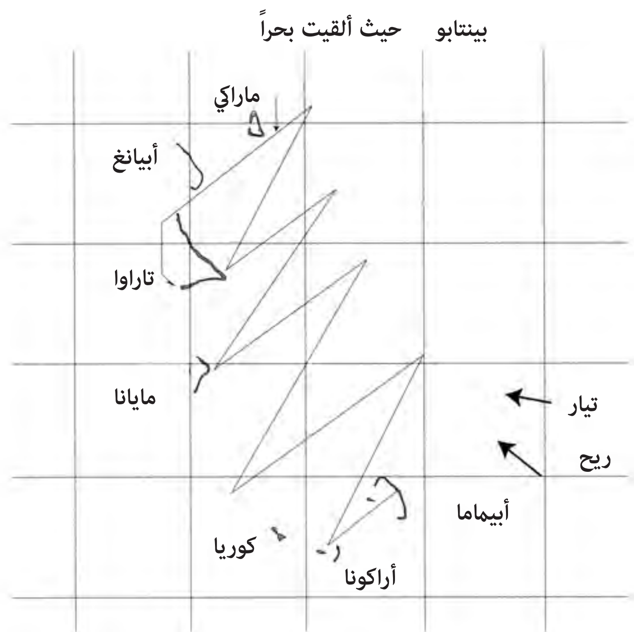
كررت بينتابو طقوســها في قضاء الليل في كوخ النجوم والتجول إلى جهة المحيط مــن بيتيو خلال النهــار لفحص الطقس وحالة التيار. في أحــد الأيام أعطى الطقس

إشـــارات إلى ريح قوية وثابتة من الجنوب الشرقــي. يبدو صوت الريح الملائمة مثل وحش ينهش أشـــجار النخيل ويحنيها تحت قوته. عادت بينتابو إلى القرية الرئيسة في بيتيو، وأخبرت كيميري «اجعل بيتكي يستعد للرحيل قبل شروق الشمس مباشرة، هناك فرصة صغيرة فقط لرفع الشراع، وعلينا أن نأخذها».

رحلة العودة إلى أبيماما

يبين الشكل (224) خارطة لرحلة العودة.

خلال الليل اشـــتدت الرياح من الجنوب الشرقي وكانت تهز ثمار جوز الهند إلى الجانبين. أعطت بينتابو تعليمات بأخذ مؤن لرحلة عودة مدتها أســـبوع واحد على الأقل في الزوارق. في غسق الصباح الباكر سحب المحاربون زوارق الأسطول إلى حافة الماء وقفزوا داخلها.



الشكل (224): خارطة رحلة العودة من تاراوا إلى أبيماما.

مشت بينتابو إلى زورق بيتكي وتسلقته. لم يقل بيتكي شيئا. حالما أشرقت الشمس فوق الجزر إلى الشرق، أومأت بينتابو إلى مساعديها برفع الشراع. قالت لهم: «أبحروا إلى الشمال الغربي، واجعلوا الزوارق الأخرى تلحق بكم».

كانت الشمس قد ارتفعت بعرض يدين في السماء فوق الأفق عندما اجتازوا حيد الممر الغربي. أشــارت بينتابو إلى المســاعدين أن يغيروا مسارهم ليصبح نحو الشمال الحقيقــي. بدأ البحار على دفة التوجيه في التذمر من أن هذا ســيأخذهم بعيدا عن أبيماما وليس إليها. ماذا كانت تفعل؟ قالت بينتابو: «لا تسأل، وجّه القارب شمالا».

مرة أخرى استطاعت أن تشعر بالتضخم الجنوبي تحت الزورق واستلقت لتعرف فيما إذا كان باســتطاعتها الحصول على أي معلومة مــن اهتزاز الزورق. في آخر فترة الصباح جعلت الملاح يغيّر مساره مرة أخرى، نحو الشمال الشرقي هذه المرة. «تحرك باتجاه شــمال النقطة الشــمالية من تاراوا» كانت أوامرها. قلــب الملاح عينيه، وبدأ المســاعدون يتمتمون فيما بينهم: ما الذي تفعله؟ ربما كانت تســعى إلى قتلهم كلهم بسبب زلة لسان بيتكي. بدا على بيتكي القلق.

كانــت الزوارق تبحــر قريبا وهي تصارع من أجل كل بوصــة ضد الريح والتيار. عندما تجاوزوا الرأس الشــمالي لتاراوا، بدأت الريح تضرب بقوة كاملة. لم يكن هناك شــك حول قــوة التضخم الشرقي عند هــذه المرحلة، والتي أرجحــت الزوارق وهي تبحــر ضد الريح. بعد منتصــف النهار بقليل لاح الطرف الجنــوبي من جزيرة ابيانغ مــن الجهة اليسرى. لم يذهب إلى ابيانغ من قبل ســوى رجــل واحد في زورق بيتكي، وكان يعلم أنهم على مســار شــمال- شرق. انتابه الرعب، وتذمر الطاقم حول دوافع بينتابو. ســألوها ما الذي تخطط له؟ غير أنها صرخت فوق الريح: «افعلوا ما تأمركم به المحظية، وتابعوا الإبحار». نظروا بعضهم إلى بعض بدهشة، غير مدركين لما يحدث.

بسرعــة اختفت ابيانغ خلف الزوارق ومع انحطاط الشــمس في الســماء لاحت لهم جزر ماراكاي. أصرت بينتابو أن يتبعوا مســارا أقرب ما يكون إلى الطرف الجنوبي من جزيرة ماراكاي. اســتمر الرجال في التذمر. هذه المرأة ســاحرة تود أن تنتحر، وأن تأخذهــم بعيدا عــن ديارهم وليس نحوها. اســتلقت بينتابو على الــزورق محاولة تحسس اتجاه التيار وقوته بالطريقة التي يتفاعل فيها مع التضخم الشرقي والجنوبي، لكن بالنسبة إلى الرجال بدت كأنها مستاءة.

ســأل الرجال بينتابو عما تفعله، غير أنها أشــارت فقط قائلة لهم «تابعوا في هذا المسار أبحروا. سأعود بكم إلى أبيماما. لا تقلقوا».

عندمــا أصبحت مــاراكاي وراءهم انتــاب الرجال في زورق بيتــكي الرعب. هذه المرأة ســتأخذهم بالتأكيد إلى نهايتهم بســبب غلطة بيتكي معهــا. تجمعوا في نهاية الزورق وبحركة منسقة واحدة اندفعوا إلى الأمام وأمسكوا ببينتابو من هيكل الزورق المتأرجح وألقوا بها في المحيط.

بالكاد اســتطاعت بينتابو الشــعور بما يحدث حين كانت في الهواء ثم سقطت عــلى الأمواج. اصطدمت بالماء الدافئ وغاصت. عندما طفت على الســطح، ناورت كي تواجه الأســطول المار بقربها. كانت الشــمس تنحدر في الســماء. صرخت فيهم أن يأتــوا وينقذوهــا. تجاهل البعض ذلك، ورآها البعــض الآخر غير أن خوفهم من بيتكي جعلهم يرفضون مساعدتها. صرخ البعض بكلمات مثل «غذاء لسمك القرش» وضحكوا باستخفاف.

في مؤخرة الأســطول رأت بينتابو قمة زورق أباتيكــو، ولوحت له بيدها، صارخة بقوة لجلب الانتباه. كان كيميري في مقدمة السفينة، وأعطى أوامره إلى الطاقم لإرخاء الشراع وجعله رخوا. قاموا بالتجديف وانطلقوا نحو بينتابو. ســبحت باتجاه الزورق، وســحبها كيميري والآخــرون من الماء إلى الــزورق. كانت أنفاســها مقطوعة. «رماني مســاعدو بيتكي من القارب، اعتقــدوا أنني أحاول الانتحار بالإبحــار بعيدا في البحر وإغراقهم معي انتقاما».

تلفت كيميري حوله. كان آخر زورق يتوارى وراء الأفق في الشــمال الشرقي. كان اللحاق بهم مستحيلا. «ما الفعل؟» سأل كيميري.

«مــا الذي نســتطيع فعله؟ أبحر إلى الشــمال الشرقي ربما ينــزل البعض الشراع ويدعنا نلحق بهم».

مع وصول الشمس إلى الأفق الغربي، لم تكن هناك أي إشارة للأسطول. في العتمة المتزايدة أعلمت بينتابو الطاقم أن يبحروا بعرض شــجرة نخيل إلى شــمال نجم ذنب الدجاجة المشرق في شرق الســماء. عندما بزغ شيدار في ذات الكرسي، توجهوا مباشرة نحوه. عندما ارتفع ذات الكرسي أعلى في الســماء، أعطــت بينتابو تعليمات للعودة، وتوجيه المســار إلى الجنوب الغــربي نحو ألفا قنطورس الــذي كان يغيب في الغرب.

تابعوا الإبحار خلال الليل. أراد كيميري أن يعلم كيف حددت بينتابو المسار، غير أنها قالت إنها ســتخبره بذلك بعد شروق الشمس. استلقت أسفل الزورق وحدقت أعلى الصاري نحو النجوم، شاعرة باهتزاز القارب وتدحرجه تحتها.

عند شروق الشــمس اســتمروا في الاتجاه الجنوبي الغربي غير أنهم استطاعوا رؤية أمواج تتحطم عن بعد وأعالي أشــجار النخيل. استمرت الرياح بلا هوادة من الجنوب الشرقي. سألها كيميري: «ما هذه الأرض؟».

«لا بد أنها الطرف الجنوبي من تاراوا، إذا لم أكن مخطئة» قالت بينتابو.

«هل تعنين أننا مازلنا حيث بدأنا صباح البارحة، عدا عن أن معظم الأســطول قد ضاع؟ ما الذي يدور بعقلك؟».

أعطــت بينتابو الأوامر بالتحول مرة أخرى إلى الشــمال الشرقي، مقتربة جدا مرة أخرى من الرياح.

بينــما كان أفــراد الطاقم يحافظون على المســار التقطت بينتابــو بعض الصخور المغناطيســية التي كانت بين أحجار تثقيل الزورق وبعض القطع الخشــبية ووضعتها على الهيكل. «كيميري تعال إلى هنا وسأشرح لك».

وضعــت صفا من الأحجار المغناطيســية أمامها وأشــارت إليهــا: «هل ترى هذه الأحجار؟ إنها تاراوا. هذه الأحجار في الشمال هي آبيانغ وماراكاي. وهذه إلى الجنوب هي مايانا، ثم أبعد إلى الجنوب كوريا وأرانوكا وأبيماما».

هز كيميري رأسه وقال: «تابعي».

مررت بينتابو يدها فوق صف الصخور: «تتحرك الرياح والتيار في هذا الاتجاه، من الشرق. يمكن للزورق أن يبحر قريبا جدا فقط من الريح، ولا يمكننا الإبحار مباشرة إلى أبيمامــا. علينا أن نحول اتجاهنا عدة مرات لنصل إلى أبيماما، لكن من غير الحكمة أن نبحــر مباشرة من تاراوا. إذا أبحرنا مباشرة من تاراوا باتجاه الجنوب الغربي فســنكون على الطرف الخاطئ من الجزر».

«لا أفهم».

«عليــك دوما أن تبحر باتجاه الريــح لتجمع من الجزر. إذا جاءت عاصفة، يمكنك الإبحــار مع الريح لأقرب جزيــرة للحصول على المأوى. لكن إذا كنت في مؤخرة الرياح وضربتك العاصفة فليست هناك فرصة للوصول إلى ملجأ، وسوف تسحب بعيدا بحيث

لا يمكنــك العثور على طريق العودة. أيضا في التعــرج أود إجراء أكبر عدد ممكن من الدوران حول جزيرة معروفة. يمكنني أن أوجه القارب بهذه الدقة. التغيرات البسيطة في الريح والتيار هي أشياء لا أستطيع التحكم فيها، لكنني إذا علمت أن بإمكاني التوجه إلى جزيــرة بصورة تقريبية فيمكنني تصحيح موقعي. هذا هو الســبب الذي جعلني أبحر إلى الشــمال مباشرة من تاراوا ثم على طرف اتجاه الريح من الجزر. بعد أن أقوم بالدوران الثاني يجب أن نصل إلى شاطئ ماريانا المعاكس للريح صباح غد».

اســتمروا بالإبحار إلى الشــمال الشرقي طوال النهار. عن بعد أشــارت الســحب المتراكمة العالية إلى جزر تاراوا إلى الغرب وابيانغ وماراكي إلى الشــمال الغربي والغرب. كان هنــاك ثلاثة دلافين تســبح بالقرب من الزورق، قافزة مــن الماء بين الحين والآخر وهي تتزحلق فوقه.

قبل ســاعة من غروب الشــمس أمرت بينتابو بتحول آخر نحــو الجنوب الغربي، وبــدأوا المرحلــة التالية إلى مايانا. حافظــت بينتابو على خارطة عقلية لكن إشــارات اليابســة ســاعدتها في تثبيت موقعها. بعد غروب الشمس كان المسار إلى مايانا موجها مــرة أخــرى باتجاه النجم ألفا قنطــورس وتبعوا النجوم في ذلك الاتجــاه خلال الليل. قبل شروق الشــمس مباشرة عند بزوغ الفجر استطاعت بينتابو أن تشعر بانعكاسات التضخم من جزيرة مايانا. بعد وقت قصير من شروق الشــمس ظهر لهم شاطئ مايانا وبدأوا في التحول التالي باتجاه الشمال الشرقي.

على النقيض من الزوارق الشراعية الغربية، لم تكن زوارق غيلبرت مضطرة أن تلتف خــلال الريح كي تغير اتجاهها: فهي تعكس اتجاهها. يأخذ البحارة الشراع، وينقلونه من أحــد طرفي الزورق إلى الطرف الآخــر. ما إن تملأ الرياح الشراع على الطرف المقابل حتى يجعل الملاح الطاقم يعدلون الأشرعة ودفة القيادة للحصول على الاتجاه المطلوب. يركب المداد دوما باتجاه الريح من الزورق لتحقيق توازن ضد الميلان الناجم عن ضغط الرياح.

بعــد غروب الشــمس، توجهوا مرة أخــرى باتجاه يبلغ عرض يد شــمال ذنب الدجاجة، وعندما ظهر ذات الكرسي، انعرجوا مرة أخرى نحو الفا قنطورس[*] الذي كان يغيــب. حيث كان هذا هــو الطريق المأمون الذي حددته بينتابو خلال الحفل

(✻) Alpha Centauri: أقرب نظام شــمسي من المجموعة الشمســية، وقد كشــفت آخر الأبحاث الفلكية أن ذلك النظام يضم أقرب كوكب صالح- كما يبدو للعيش- من الأرض وأطلق عليه اسم Proxima b. [المحرر].

عـــلى جزيـــرة تاراوا. بعد شروق الشـــمس مباشرة في اليوم التـــالي أمكن رؤية طيور الفرقاطـــة تطير باتجاه البحر. خمنت بينتابو أن هذه إشـــارات إلى جزيرة كوريا إلى الجنوب الشرقي وأمرت بتعريجة أخرى إلى الشمال الشرقي.

عـــلى الرغم من أن التقدم ضـــد الريح والتيار خبرة طويلة ومؤلمة نوعا ما، فإنها في الحقيقـــة تزيـــد فرص العثور على جزيرة بما أن الزورق يقطع مســـاحة كبيرة من البحـــر روحة ورجعة مما لو أبحـــر مع الريح والتيار. بعد الرجوع مرة أخرى علموا، حســـب إشـــارة من بزوغ ذات الكرسي، أن هناك فرصة جيدة للوصول إلى الشاطئ في اليوم التالي.

خـــلال الليل اختفى التضخم الجنوبي البطيء مشـــيرا إلى وجود جزر كبيرة، ربما كانت أبيماما نفســـها إلى الجنوب. بعد ساعات قليلة من شروق الشمس وصلوا إلى أرانوكا. بعد أن ســـافروا إلى هناك ثلاث مرات في رحلات للصيد ومرة واحدة في غارة مع تيتابو علمت بينتابو أن انعراجا واحدا إلى الشـــمال الشرقي سوف يجلبها خلال الممر الجنوبي إلى أبيماما.

«أبيماما، آه، أبيماما، ما الذي سأفعله بك؟» تساءلت بينتابو بصوت عال. خلال اليومين الأخيريـــن، كان البحر صديقها الذي تعرفه، مبعدا ذكرى بيتكي والأســـطول الضائع، غير أن فرصة النزول على الشـــاطئ جلبت هذه الذكريات كلها إلى الواجهة. مـــا الذي ســـتقوله لتيتابو؟ ماذا عـــن العائلات التي فقدت المحاربـــين من دون أن ترتكب خطأ؟ هل سيجد الأسطول طريقه وحده؟

خاتمة: بعد عشرين عاما

حـــدق تيموتي ابـــن كيميري من مايانا نحو تاراوا. لوحـــت بينتابو بيدها باتجاه التضخم المتدحرج. «هل ترى كيف تتشـــوه التضخمات بالقـــرب من الجزر باتجاه الجنوب الغربي القريب إلى الجزيرة، ثم تستقيم بعد ذلك؟».

«نعم»

تابعت بينتابو: «ينتج هذا عن تأثير الحيد الضحل للجزر. ما الاتجاه الذي تعتقد أن التضخم سينحني به لو كنا على الشاطئ الجنوبي لتاراوا؟».

فكـــر تيموتي للحظة ورســـم مجموعة من الخطوط في عقلـــه المتخيلة في الهواء

بســبابته. ثم قال: «أفترض أنها ستنحني نحو الشــمال الغربي في تلك الحالة. أتوقع أيضا أن أرى تضخما صغيرا ينحني بواســطة مايانــا لايزال يدخل إذا كنت على بعد مسافة ما إلى الجنوب من تاراوا».

«جيــد، عليك أن تتذكر أن إشــارة واحــدة في الملاحة ليســت موثوقة، غير أن إشارات عدة مجتمعة موثوقة. عليك دوما أن تسأل نفسك: «هل هناك طرق أخرى يمكن أن أبرهن بها لنفسي عن مكان وجودي وأين أتجه؟»».

هز تيموتي رأسه.

قبل عشرين عاما، لم يعد الأســطول كما كانت بينتابو تخشى. على الرغم من أن هذا لم يكن مقصودا من ســكان تاراوا، فإنه لم يكن باســتطاعتهم أن يفعلوا أفضل مما فعلــوا بقتل المحاربين من أعدائهم: تحطمت أبيماما بســبب هذه الخســارة. نتعامل مع الخســارة والشــعور بالموت بطرقنا الخاصة. بالنســبة إلى بينتابو كانت عملية التعليم طريقة لخلق نوع من الخلود: تحفظ المعرفة، وينشــأ شعور بالأمان. انتظرت ســنوات عديدة كي تحظى بملاح ناشــئ لتعلمه، وليسمح لها بتأدية الدين العاطفي الواجب عليها. أظهــر ابن كيميري كفاءة هائلة، وبناء على توصية بينتابو قرر الكبار في أباتيكو أن يجعلوه وريث تقاليد الملاحة لديهم.

المصطلحات

WITHE

عمر المد: المدة الزمنية بين قمر كامل أو جديد وأكبر مدى للمد في دورة قمرية.	Age of the tide
زاوية الارتفاع: الزاوية العمودية فوق الأفق إلى جسم ما في السماء. بحسب الاصطلاح زاوية الأفق = 0 درجة، وزاوية الأوج + 90 درجة، وزاوية الحضيض - 90 درجة.	Altitude
سحب تراكمية: سحب تظهر بنية تراكمية مكونة من قطرات الماء، توجد عادة في الارتفاعات المتوسطة في الغلاف الجوي القريب من الأرض.	Altocumulus
مركز المد الدوار: نقطة ثابتة يدور حولها المد الدوار. ليس للنقطة نفسها مدى للمد.	Amphidromic point
سعة: 1 - للأمواج أعظم إزاحة من نقطة متوسطة. 2 - للشمس المغادرة عن سمت الإشراق من جهة الشرق الحقيقي.	Amplitude
الدائرة القطبية الجنوبية: خط العرض الذي تصبح عنده الشمس قطبية دائرية خلال الصيف الجنوبي عند الانقلاب الشمسي، وهو بحدود 66.5 درجة جنوبا.	Antarctic Circle
مضاد السيكلون: منطقة جوية محصورة كبيرة من الضغط المرتفع تدور حول مركزها وتطرد الهواء إلى محيطها.	Anticyclone
أوج عن الشمس: نقطة أبعد مسافة عن الشمس لجسم في مدار بيضاوي.	Aphelion
أوج عن الأرض: نقطة أبعد مسافة عن الأرض لجسم في مدار بيضاوي.	Apogee

Arctic Circle	الدائرة القطبية الشمالية: خط العرض الذي تصبح عنده الشمس قطبية دائرية خلال الصيف الشمالي عند الانقلاب الصيفي، وهو بحدود 66.5 درجة شمالا.
Austral	جنوبي: ما يتعلق بنصف الكرة الأرضية الجنوبي.
Autumnal equinox	اعتدال خريفي: وقت عبور الشمس خط الاستواء السماوي وهي تنتقل إلى نصف الكرة الجنوبي السماوي. النهار والليل بالطول نفسه.
Azimuth	السمت: الزاوية الأفقية بين الشمال الحقيقي واتجاه ما. حسب الاصطلاح فإن اتجاه الزاوية الموجبة هو مع اتجاه عقارب الساعة.
Back bearing	الاتجاه المعاكس: الزاوية في الاتجاه المعاكس لوجهة ما، مثل 180 درجة.
Backing	تغير معاكس: الميل إلى تغيير الاتجاه بعكس عقارب الساعة، كما بالنسبة إلى اتجاه الرياح.
Ballast	وزن تثقيل: وزن يضاف أسفل قارب لتحسين توازنه خلال حركة متقلبة.
Bathymetry	تمثيل قاع البحر: قياس نموذج قاع البحر وتمثيله تحت جسم من الماء. تمثل القياسات على شكل عمق عادة من مستوى قياسي.
Beam	عرض القارب: عرض قارب عند أعرض نقطة منه.
Beam sea	بحر عرضي: أمواج تضرب القارب على جانبه.
Bearing	الاتجاه: الزاوية الأفقية من الشمال الحقيقي إلى جسم ما.
Beating	الضرب: عملية الإبحار بزاوية ضد الريح.

Beitass	بايتاس: لوح استخدمه البحارة النرويجيون القدامى لتقوية حافة مقدمة شراع رباعي، ما يزيد من كفاءته ضد الريح.
Boat	قارب: قارب صغير مفتوح (أي أصغر من سفينة).
Boreal	شمالي: ما يتعلق بنصف الكرة الشمالي (مثل شتاء شمالي).
Bow	مقدمة القارب: مقدمة القارب في الماء.
Bow wave	موجة المقدمة: الموجة المولدة من مقدمة القارب الذي يتحرك في الماء.
Buoyancy	الطفو: قوة تدفع إلى الأعلى على جسم أو قارب وهي تساوي وزن الماء المزاح.
Caravel	كارافال: سفينة صغيرة، عادة برتغالية المصدر، تدفع بأشرعة لاتينية.
Cat's paw	مخلب القط: تموجات ناعمة في ماء ساكن غالبا ناجمة عن مرور رياح على السطح.
Celestial equator	خط الاستواء السماوي: خط يحيط بالكرة السماوية فوق خط الاستواء الأرضي مباشرة.
Celestial sphere	كرة سماوية: إسقاط أجسام سماوية على كرة من أجل تعيين محاور لها.
Center of buoyancy	مركز الطفو: نقطة في القارب تمثل مجموع قوى الطفو للهيكل نحو الأعلى كلها.
Center of gravity	مركز الجاذبية: نقطة في القارب تمثل مجموع قوى الجاذبية للهيكل نحو الأسفل كلها.
Chart datum	مرجع المخطط: مستوى البحر المرجعي المستخدم لتحديد أعماق المياه على مخططات بحرية.

Circumpolar	قطبي – دائري: مسار نجم يدور حول القطب الشمالي أو الجنوبي من دون أن يغيب، كما يرى من المراقب.
Cirrocumulus clouds	سحب صوفية: سحب بلورات ثلجية تتألف من ندف صغيرة منتظمة.
Cirrus clouds	سحب بلورية: سحب عالية تتألف من بلورات ثلجية.
Cognitive map	خارطة عقلية : تمثيل لمنطقة يحتفظ بها الشخص في عقله.
Cold front	جبهة باردة: التحول الناجم عن ارتطام هواء بارد وجاف بهواء دافئ ورطب.
Colure	خط زوال سماوي: خط رئيس للزوال السماوي . يمثل الزوال عند الاعتدال الربيعي أصل نظام الارتفاع، المرتبط بنقطة عبور الشمس لخط الاستواء السماوي وهي تتحرك نحو نصف الكرة السماوي الشمالي.
Conduction	توصيل: انتقال الحرارة من خلال التلامس الحراري.
Convection	حمل: انتقال الحرارة الناجم عن حركة المائع.
Convection cell	خلية حمل: مائع يتحرك بحركة دائرية بين منطقة باردة وحارة ناقلا الحرارة خلال هذه العملية.
Coriolis effect	تأثير كوريوليس: الانحراف المنتظم لجسم نحو الشرق مع ابتعاده عن خط الاستواء. ينحرف الجسم بانتظام نحو الغرب إذا تحرك نحو خط الاستواء. سمي على اسم الرياضي غاسبارد غوستاف كوريوليس الذي وصف هذا التأثير.
Crescent moon	هلال: أطوار رباعية للقمر عندما يكون مضاء إلى أقل من نصفه.
Cumulonimbus	سحب رعدية: سحب ممطرة ترتبط بعاصفة رعدية، تظهر عادة تطورا عموديا كبيرا.

Cumulus	سحب منتفخة: سحب تراكمية توجد غالبا عند طقس جيد، تدعى أحيانا بالسحب المنتفخة.
Cyclone	سيكلون أو دوار حلزوني: منطقة ضخمة ومحصورة من الضغط المنخفض حيث يسحب الهواء داخلها على طول السطح مصحوبا بدوران حول مركز كتلة الهواء.
Datum	مستوى قياسي: موقع أو مستوى قياسي يستخدم كمرجع في القياسات على الخرائط أو المخططات. في المخططات المائية يكون المستوى القياسي عادة متوسط مستوى الماء في المد المنخفض (مخططات U.S).
Dead reckoning	التخمين الصائب: تحديد الموقع من معرفة نقطة الانطلاق وتاريخ السفر- الزمن والسرعة والاتجاه.
Declination	الميل: 1- موقع جسم سماوي مأخوذ على زاوية شمال- جنوب من خط الاستواء السماوي. 2- فرق الزاوية بين الشمال الحقيقي والشمال كما تشير إليه إبرة المغناطيس (يدعى أيضا ميلا مغناطيسيا أو اختلافا).
Dip angle or (dip)	زاوية الانحدار: الزاوية من الأفق نزولا إلى الأفق الناجم عن ارتفاع المراقب وانحناء الأرض. (لاحظ يستخدم الانحدار أيضا لوصف أي زاوية تحت مستوى الأفق مثل اتجاه خطوط الحقل المغناطيسي أو الطبقات الجيولوجية).
Displacement	الإزاحة: قدرة القارب على حمل بضائع.
Diurnal tide	مد يومي: المد حيث يكون هناك مد واحد وجزر واحد خلال يوم مدى واحد.

منطقة الركود : منطقة من خطوط العرض تحيط بالأرض قرب خط الاستواء، تتميز بحمل كبير نحو الأعلى وقليل من الرياح (انظر أيضا منطقة التقارب بين المدارين).	Doldrums
تيار هابط: تدفق هواء للأسفل، يلاحظ عادة في العواصف الرعدية.	Downdraft
إعاقة: قوة أو قوى تعيق الحركة للأمام عادة بسبب الاحتكاك.	Drag
جرف التيار: سرعة تيار محيط بالعقد، تحدد عادة من الفرق بين التخمين الصائب وتثبيت سماوي.	Drift
الخط الجاف: الحد بين هواء بحري رطب ودافئ وهواء قاري جاف وبارد في وسط الولايات المتحدة.	Dryline
الجزر: تدفق الماء المرتبط بمد خارج (أو منحسر).	Ebb tide
المسار الشمسي : مسار الشمس في السماء خلال يوم.	Ecliptic
نقل إيكمان: توليد تيارات سطحية من تدفق الهواء فوق سطح الماء إضافة إلى تأثير كوريوليس.	Ekman transport
القشرة المخية الأنفية: جزء من النظام الحوفي لدماغ الثدييات حيث توجد الخلايا الشبكية.	Entorhinal cortex
جدول يعطي مواقع الأجسام السماوية الرئيسة في السماء كتابع للتاريخ والزمن.	Ephemeris
طريقة الارتفاع المتساوي: طريقة لإيجاد خط الطول بأخذ النقطة المتوسطة بين زمنين بارتفاعين متساويين للشمس (أو أي جسم سماوي آخر) لتحديد زمن المرور بخط الزوال، وبالتالي معرفة خط الطول.	Equal altitude method
معادلة الزمن: الفرق بين متوسط الزمن الشمسي والزمن المحسوب مباشرة من موقع الشمس في السماء.	Equation of time

Equirectangular projection	إسقاط المستطيلات المتساوية: خارطة للأرض مع تمثيل خطوط العرض والطول بفواصل متساوية فيما بينها.
Etak system	نظام إيتاك: نظام ملاحي استخدم من قبل البحارة المحليين في جزر كارولاين حيث يقاس تقدمهم من جزيرة إلى أخرى بمسار جزيرة مرجعية «يتحرك» مقابل خلفية ثابتة من النجوم كما ترى من زورق متحرك.
Farsakh	فرسخ: وحدة عربية للمسافة تساوي المسافة المقطوعة مشيا على الأقدام، وتعادل 3 أميال تقريبا.
Ferrel cells	خلايا فيريل: خلايا حمل عالمية تحيط بالأرض في الأقاليم المعتدلة.
Fix	تثبيت: تحديد موقع.
Flood tide	المد العالي: تدفق الماء المرتبط بمد قادم (مرتفع).
Following sea	بحر ملاحق: أمواج تلطم القارب من مؤخرته.
Force	قوة: 1- (فيزياء) تأثير يؤدي إلى تغيير في الجسم، عادة تغيير حركته. 2- (علم الأرصاد) مجال من سرعات الرياح على مقياس بيفورت.
Fortunate isles	الجزر السعيدة: أقصى الجزر غربا بالنسبة إلى أوروبا وآسيا وأفريقيا في المحيط الأطلسي. غالبا ما اتخذت هذه الجزر مرجعا لخط الزوال الرئيس في جداول خطوط الطول والعرض في العصور الوسطى.
Freeboard	السطح العائم: ارتفاع هيكل السفينة فوق مستوى الماء.
Front	جبهة: فاصل بين كتل هوائية، عادة في خطوط العرض المتوسطة.

Full Moon	بدر (قمر كامل): قمر منير بالكامل.
Furlong	فورلنغ: وحدة انجليزية للمسافة تعادل 220 ياردة أو ثمن ميل قانوني.
Gibbous Moon	هلال زائد: أطوار ربعية للقمر حين يكون أكثر من نصفه منيرا.
Gnomon	عصا الشمس: قائم أو عصا عمودية تستخدم لإلقاء ظل لبوصلة شمسية أو عقرب ساعة شمسية.
Great circle route	المسار الدائري الكبير: أقصر طريق بين نقطتين على سطح الكرة الأرضية.
Grid cells	خلايا شبكية: خلايا عصبية تقع في منطقة من الدماغ تدعى القشرة الدماغية الأنفية. تطلق هذه الأعصاب معدل مرتفع عندما يكون الشخص في مناطق متكررة في البيئة.
Gust front	جبهة هابطة: مسار تيارات هابطة ترتبط بتقدم خط من العواصف.
Gyre	دوار: حلقة من تيار في المحيط.
Hadley cells	خلايا هيدلي: خلايا حمل عالمية تحيط بالأرض. تمتد تقريبا من خط الاستواء شمالا وجنوبا حتى خط عرض 30 درجة وسميت على اسم جورج هيدلي (1685-1768).
Heading	وجهة: اتجاه مقصود للسفر، يعبر عنه بزاوية أفقية من الشمال الحقيقي.
Heat capacity	استطاعة حرارية: كمية الحرارة بالنسبة إلى الكتلة التي يمكن للجسم أن يمتصها عند تغير 1 درجة في درجة الحرارة.

Heel , heeling angle	الجنوح: زاوية تقلب قارب شراعي عندما تتوازن قوة الريح مع قوة التصحيح لمركز الجاذبية ومركز الطفو.
Height, Wave height	ارتفاع الموجة: المسافة من قاع الموجة إلى قمتها.
Hippocampus	الحصين: جزء من النظام الحوفي في دماغ الثدييات حيث تقع خلايا المكان.
Homing birds	طيور العودة: طائر يستقر عادة في اليابسة ليلا لكنه يطير فوق البحر للصيد خلال النهار.
Hull speed	سرعة الهيكل: سرعة قارب مكافئة لسرعة موجة بقدر طوله على الماء.
Hyperbola	قطع زائد: منحنى هندسي له خطان متقاطعان متقاربان.
Insolation	تسخين شمسي :كمية الطاقة الشمسية التي تشع على منطقة معينة.
(ITCZ) Intertropical Convergence Zone	منطقة من خطوط عرض تحيط بالأرض قرب خط الاستواء تتميز بحمل عمودي كبير من الهواء، وبرياح ضعيفة.
ISRID	اختصار لـ «قاعدة بيانات حوادث البحث والإنقاذ العالمية».
Isobar	خطوط ضغط متساو.
Jet stream	تيار نفاث: منطقة من رياح عالية السرعة في أعالي الغلاف الجوي الأرضي، عادة على حدود خلايا الحمل العالمية. سرعات الريح عادة 100 ميل في الساعة تهب من الغرب إلى الشرق.

Keel	عارضة رئيسة: عارضة أسفل هيكل السفينة، عادة على شكل الحرف V لزيادة قدرتها على الإبحار بخط مستقيم ومقاومة القوة التي تحركها للجانبين.
Knarr	الكنار: قارب للفايكنغ استخدم لنقل الأشخاص والبضائع في رحلات طويلة المدى.
Knockdown	الانقلاب: عندما يميل القارب بزاوية 90 درجة ويكون الصاري موازيا تقريبا لمستوى سطح الماء.
Knot	عقدة: سرعة تساوي 1 ميل بحري في الساعة.
laminar flow	جريان صفحي: جريان مائع يتميز بخطوط جريان محددة تماما.
Land breeze	نسيم البر: جريان الهواء من البر إلى جسم من الماء خلال الليل ناتج عن تبريد غير متساو للبر والبحر.
LAT	أخفض مد فلكي: عبارة عن مستوى قياسي يستخدم في المملكة المتحدة ومعظم الدول الأخرى. عادة هو أخفض مستوى للماء خلال دورة ميتونية للقمر من 19 سنة.
Lateen sail	شراع لاتيني أو مثلثي: شراع مثلثي أو شبه منحرف بضلع منحن أو زاوٍ على مقدمته الأمامية (أصله من الفرنسية لاتيني).
Latent heat	حرارة كامنة: الحرارة الممتصة أو المطلقة من جسم ما خلال تغير في الطور (مثل التغيير من سائل إلى غاز).
Latitude	خط العرض: زاوية موقع ما على سطح الأرض مأخوذة شمال خط الاستواء أو جنوبه.
Lead or Lead line	حبل قياس: ثقل بحبل مربوط فيه لقياس عمق الماء.

League	عصبة: وحدة انجليزية للمسافة تساوي تقريبا المسافة المقطوعة في 1 ساعة مشيا وهي تقريبا 3 أميال.
Lee	خلف الريح: منطقة محمية من الريح عادة أو على الطرف البعيد منه بالنسبة إلى عائق مثل جزيرة أو قارب أو شراع.
Leeward	اتجاه خلف الريح: اتجاه الطرف المحمي من الريح، عكس اتجاه الرياح.
Leeway	التعرج: الحركة إلى الجانبين لقارب شراعي كرد فعل على قوة الريح على الشراع وعلى القارب نفسه.
Lift	رفع: قوة تتولد من فرق الضغط الناجم عن جريان مائع على جسم، مثل شراع أو جناح.
Line of position LOP	خط الموقع: الخط الذي يعرف وقوع الجسم عليه.
Local meridian	خط زوال محلي: خط الزوال في مكان معين.
Longitude	خط الطول: زاوية موقع على سطح الأرض مأخوذة شرقا أو غربا من خط الزوال الرئيس.
Looming	لوحان: 1- لمعان في السماء بوجود الأرض فوق الأفق، يرتبط عادة بأضواء براقة. 2- تأثيرات الانكسار قرب الأفق خالقة تشوهات عشوائية.
Lunars or Lunar method	الطريقة القمرية: استخدام المسافة الزاوية بين القمر وجسم سماوي آخر لتقدير خط الطول.
Mean solar time	متوسط التوقيت الشمسي: مقياس الزمن المستخدم لمعظم الأغراض الذي يضع الشمس في المتوسط عند خط الزوال عند الظهر.

Mental map	خارطة عقلية: تمثيل منطقة موجودة في عقل الشخص.
Mercator projection/ map	إسقاط أو خارطة ميركاتور: طريقة لتمثيل الخصائص على خارطة مع خطوط العرض والطول، ومع ذلك تحافظ على زوايا الاتجاه الثابت (خطوط البوصلة). سميت على اسم صانع الخرائط الفلمنكي غيرادوس ميركاتور (1512- 1594).
Meridian	خط الزوال: 1- قوس وهمي في السماء بالنسبة إلى مراقب، يمتد من الشمال الحقيقي خلال الأوج ثم إلى الجنوب الحقيقي يدعى «زوال محلي». 2- خط طول.
Meridian passage or transit	عبور خط الزوال: اللحظة التي يعبر فيها جسم سماوي خط زوال محليا لمراقب.
Meter	متر: وحدة أساسية لقياس المسافة في النظام العالمي للواحدات SI، أخذ في البداية على أنه واحد على عشرة ملايين المسافة من خط الاستواء إلى القطب الشمالي.
Mil	ميللي: واحد على ألف من الراديان.
Midheaven	النقطة العالية في السماء على طول المسار الشمسي، والتي تربط عادة بأحد أنظمة المنازل في التنجيم الولادي.
Mixed tide	مد مختلط: مزيج من مد يومي ومد نصف يومي.
MLLW	متوسط أخفض الماء المنخفض: هو المستوى القياسي المستخدم من الولايات المتحدة لمتوسط أخفض مد خلال الدورة القمرية.

Nadir	حضيض: نقطة تقع مباشرة أدنى المراقب.
Nautical mile	ميل بحري: وحدة مسافة لدرجة واحدة من خط العرض، وتساوي تقريبا 1.15 ميل معتمد.
Navigation lights	أضواء الملاحة: أضواء على الطائرات أو القوارب تعطي إشارات حول اتجاهها. بحسب الاصطلاح يكون الضوء الأحمر على الطرف الأيسر للقارب، والأخضر على الجانب الأيمن، والأبيض في الخلف.
Neap tides	مد قصير: مدى منخفض للمد يتولد عندما تكون الشمس والقمر أحدهما بالنسبة إلى الآخر على زاوية 90 درجة.
New Moon	قمر جديد: طور للقمر، عندما يشير الجانب المظلم إلى الأرض.
Nimbostratus	سحابة مكفهرة: ترتبط عادة بالجبهات الدافئة.
Nor’easter	عاصفة سيكلونية شمالية شرقية: تحدث على طول الساحل الشمالي الشرقي للولايات المتحدة والمقاطعات البحرية لكندا.
North celestial pole	قطب شمال سماوي: نقطة على الكرة السماوية موجودة على أوج القطب الشمالي.
Northern temperate zone	منطقة الاعتدال الشمالية: مجال خطوط العرض على الأرض بين مدار السرطان والدائرة القطبية.
Oecumene	عالم مأهول: مصطلح استخدمه بطليموس وآخرون ليشير إلى الجزء المأهول من الكرة الأرضية.
Pace	المسافة لخطوتين: لشخص يمشي (يسارا ويمينا).

Pandanus	باندانوس: نوع من الأشجار يوجد في المناطق المدارية عادة. تنسج منه الأوراق الجافة من قبل سكان المحيط الهادئ لصنع الأشرعة.
Parallel	«موازي»: خط عرض ثابت.
Perigee	أقرب نقطة إلى الأرض لجسم يدور في مداره.
Perihelion	أقرب نقطة إلى الشمس لجسم يدور في مداره.
Persistance	استمرارية: التنبؤ بأن الطقس في المستقبل القريب سيكون مثل الطقس الحالي.
Pitch	اهتزاز: حركة دورانية للقارب عندما ترتفع المقدمة للأعلى وتتحرك المؤخرة للأسفل أو العكس.
Place cells	خلايا المكان: خلايا عصبية توجد في منطقة من الدماغ تدعى الحصين. تطلق هذه الخلايا بمعدل مرتفع عندما يكون الشخص موجودا في مكان محدد من البيئة.
Planing	انزلاق: قارب ينزلق فوق سطح الماء بسرعة فوق سرعة الهيكل.
Point of departure	نقطة المغادرة: نقطة البداية لرحلة.
Polar cells	خلايا قطبية: خلايا حمل عالمية تحيط بالأرض في الأقاليم القطبية.
Polarize	يستقطب: يحدث اتجاها وحيدا لاهتزاز الضوء.
Port	يسار: الجانب الأيسر من القارب.
Portolan chart	خارطة الموانئ: نوع من الخرائط ظهر في القرن الثالث عشر والرابع عشر يصف الشواطئ بدقة عالية، ويظهر خطوط البوصلة، وله مقياس محدد.
Pressure gradient	ميل الضغط: تغير الضغط خلال مسافة.

Prevailing wind	ريح سائدة: اتجاه الريح المهيمنة أو الأكثر احتمالا في منطقة أو موقع معين.
Prime meridian	خط الزوال الرئيس: خط الطول الأصلي أو 0. تاريخيا، كانت هناك خطوط طول عديدة. الاصطلاح الحالي هو خط الطول الذي يمر بمدينة غرينتش.
Qibla	قبلة: الاتجاه إلى مكة للصلاة من موقع معين.
Quadrant	ربعية: جهاز استخدم لقياس ارتفاع الأجسام السماوية، باستخدام ثقل على خيط لتحديد الأفق. اشتق الاسم من استخدام ربع دائرة كاملة لقياس الزوايا.
Quadrature	تموضع جسمين سماويين بزاوية 90 درجة بالنسبة إلى جسم مركزي أو بالنسبة إلى المراقب.
Quartering sea	بحر مائل: أمواج تضرب قاربا بزاوية 45 درجة تقريبا.
Radian	راديان: مقياس للزوايا يساوي تقريبا 57.3 درجة.
Radiation	إشعاع: انتقال الحرارة عبر إصدار أشعة كهروطيسية، عادة في مجال الأشعة تحت الحمراء من الطيف.
Random walk	سير عشوائي: طريق يتخذ بحيث تكون هناك تغيرات عشوائية في الاتجاه.
Range	مدى: المسافة إلى جسم ما.
Reciprocal bearing	اتجاه عكسي: الزاوية بالاتجاه المعاكس لاتجاه ما مثل 180 درجة (اتجاه بالزاوية).
Reefing	عملية خفض مساحة الشراع للتكيف مع ريح قوية.
Refraction	انكسار: انحناء الضوء عند الحد الفاصل بين وسطين شفافين كالماء والهواء.

Retrograde motion	حركة ارتدادية: الحركة الظاهرية إلى الوراء للكواكب مقابل نجوم ثابتة عندما تتجاوز الأرض كوكبا خارجيا في المدار، أو بينما يتجاوز كوكب داخلي الأرض في مدارها.
Rhumb lines	خطوط البوصلة: خط اتجاه لمسافة طويلة يحافظ على زاوية ثابتة مع الشمال الجغرافي.
Right ascension	موقع جسم سماوي في السماء، يؤخذ على أنه الزاوية للشرق من خط زوال الاعتدال الربيعي، لكن يعبر عنه كزمن من الصفر حتى 24 ساعة.
Roll	تقلب: حركة دائرية لقارب حول محور يمتد من المقدمة إلى المؤخرة.
Rotary tide	مد دوار: مد وجزر يدوران حول نقطة مركزية ثابتة تدعى مركز المد.
Route knowledge	معرفة الطريق: وعي بالبيئة مبني على فهم للمسارات المعروفة المعترضة.
SAR	اختصار لــ «ابحث وأنقذ».
Sea breaze	نسيم البحر: تدفق الهواء من جسم من الماء إلى اليابسة خلال النهار ناجم عن تسخين غير متساو لليابسة والبحر.
Sea state (or sea)	حالة البحر: مظهر سطح الماء أو حالته، عادة ارتفاع الموجة وطولها وفترتها.
Secular variation	التغير في الاختلاف المغناطيسي مع الزمن.
Semidiurinal tide	مد نصف يومي: مدان وجزران في مد يومي واحد.
Set	اتجاه تيار المحيط بالنسبة إلى الشمال الحقيقي.
Sheet	حبل : خيط أو حبل يمسك بالشد على الشراع.
Shoal	منطقة ضحلة: منطقة من الماء بأعماق ضحلة.

Shoaling	أمواج لها سطوح مائلة أو إنها تتحطم عندما تمر فوق مياه ضحلة.
Ship	سفينة: 1- مركب لعبور المحيط يقوم برحلات طويلة من دون مساعدة، وهو قادر على حمل مركب آخر. 2- في زمن الإبحار الشراعي، مركب بهيكل رباعي وثلاثة أشرعة أو أكثر.
Sine wave	موجة جيبية: 1- اهتزاز ناعم متكرر. 2- موجة تنتقل على شكل تابع موجي.
Sinusoid	منحنى جيبي: منحنى يمثل اهتزازا ناعما متكررا، الشكل نفسه عبارة عن إسقاط لمسار نقطة في دائرة على خط بينما تتحرك حول المحيط.
Skerry	جزيرة صخرية صغيرة، عادة صغيرة جدا للسكنى.
Sounding	سبر العمق: قياس عمق الماء من السطح حتى قاع البحر.
South celestial pole	القطب الجنوبي السماوي: نقطة على الكرة السماوية هي في أوج القطب الجنوبي.
Southern temperate zone	المنطقة المعتدلة الجنوبية: مجال خطوط العرض على الأرض بين مدار الجدي والدائرة القطبية الجنوبية.
Spring tide	مد نبضي: مدى مرتفع للمد يخلق عندما يكون القمر والشمس على امتداد واحد.
Squall line	خط العواصف: حزمة ممتدة من العواصف الرعدية تشكل وحدة واحدة.
Stade (pl.stadia)	ستاد: وحدة مسافة يونانية ومصرية قديمة، تساوي تقريبا الفورلنغ.

نقطة ركود: النقطة الفاصلة حيث يلف جريان صفحي للمائع حول جسم ما.	Stagnation point
توقف: الحالة التي تخلق على جناح طائرة عندما تزداد زاوية الهجوم إلى النقطة التي تتجاوز فيها قوة الإعاقة قوة الرفع.	Stall
بوصلة نجمية: نظام متصور يقسم الزاوية الأفقية إلى مجموعة مناطق ترتبط بسمت شروق وغروب نجوم معروفة.	Star compass
مسار النجم: «مسار» في السماء يتشكل من نجوم تشرق وتغرب كلها على السمت العام نفسه.	Star path
الجانب الأيمن من قارب أو سفينة.	Starboard
ميل قانوني: 5280 قدما، حدد بقانون من البرلمان البريطاني.	Statue mile
مؤخرة قارب.	Stern
موجة المؤخرة: موجة تتولد من تحرك مؤخرة قارب خلال الماء.	Stern wave
مخطط العصي: شبكة من غصون النخيل وجذور الباندانوس تجمع على شكل خارطة تشير إلى أنماط الأمواج في جزر مارشال.	Stick charts
سحابة منبسطة أو متطبقة.	Stratus
الانقلاب الصيفي: الوقت الذي تصل فيه الشمس إلى أعظم ميل لها . النهار هو الأطول في النصف الشمالي من الأرض.	Summer solistice
التزلج على سطح موجة.	Surfing

Survey knowledge	معرفة المنطقة: وعي بالبيئة مبني على تمثيل داخلي ثنائي البعد يسمح باختصار الطرق.
Swell	تضخم: موجة ناعمة تنتشر لمسافة بعيدة من الريح أو العاصفة التي خلقتها.
Syzygy	تموضع أو اقتران جسمين سماويين . خصوصا تموضع القمر والشمس على الطرف نفسه من الأرض أو الطرف المقابل لها.
Tacking	التعرج: 1- الإبحار ضد الريح باستخدام مسار متعرج، حيث تكون كل مرحلة من المسار على زاوية ما من الريح . 2- مناورة تعبر فيها مقدمة القارب اتجاه الريح أثناء الانتقال من اتجاه إلى آخر.
Tangent	ظل أو مماس: 1- نسبة الضلع المقابل على المجاور لمثلث قائم الزاوية 2- خط مواز لمنحنى عند نقطة محددة.
Thermal conductivity	التوصيل الحراري: قابلية المادة لتوصيل الحرارة.
Tidal day	يوم المد: الزمن الذي يستغرقه القمر للقيام بانتقالين متتالين (أربع وعشرون ساعة وثمان وأربعون دقيقة).
Tide lag	تأخر المد: الفرق بين زمن تحول القمر وزمن المد العالي.
Torque	عزم الفتل: قوة ضرب المسافة التي تعمل عليها مقارنة بمركز دوران، مولدة حركة دورانية.
Trade winds	رياح تجارية: رياح سائدة تهب من الشرق إلى الغرب في المنطقة المدارية، عادة من الشمال الشرقي لمنطقة الركود، ومن الجنوب الشرقي جنوب منطقة الركود.

Transit	انتقال: مرور جسم سماوي فوق خط الزوال المحلي (انتقال قريب)، أو 180 درجة عكس الزوال المحلي (انتقال بعيد).
Triangulation	تثليث: عملية إيجاد موقع ما من تقاطع خطي موقع.
Trim	توضيب: 1- توزيع حمل قارب على الخط الواصل بين المقدمة والمؤخرة. 2- تشكيل الشراع بحسب شد الحبال يدعى أيضا توضيب الشراع.
Trochoid	منحنى عجلي: منحنى متكرر، هو نفسه الذي يخلق من نقطة على حافة عجلة تدور فوق الأرض.
Tropic of Cancer	مدار السرطان: خط العرض الذي تمر فيه الشمس فوق الأوج خلال الانقلاب الصيفي بزاوية 23 درجة شمالا تقريبا.
Tropic of Capricorn	مدار الجدي: خط العرض الذي تمر فيه الشمس فوق الأوج خلال الانقلاب الشتوي بزاوية 23 درجة جنوبا تقريبا.
Tropical cyclone	سيكلون مداري: يوجد في المنطقة المدارية. والأعاصير والزوابع هي سيكلونات مدارية.
Tropics	المداري: منطقة من الأرض محدودة بمدار السرطان ومدار الجدي.
Troposphere	الغلاف الجوي الأرضي: أخفض طبقة من الغلاف الجوي حيث تتطور معظم أنظمة الطقس.
Turbulent flow	جريان مضطرب: تدفق مائع شبه عشوائي يتميز بدوارات تتغير باستمرار.

Variation	اختلاف: الفرق الزاوي بين الشمال الحقيقي والشمال كما تشير إليه الإبرة المغناطيسية. يسمى أيضا الاختلاف المغناطيسي.
Veering	التحول : الميل إلى التحول باتجاه عقارب الساعة، كما بالنسبة إلى اتجاه الريح.
Vernal equinoctial colure	خط الطول السماوي الذي يجري من القطب الشمالي السماوي خلال نقطة عبور الشمس لخط الاستواء السماوي في الربيع، والتي تمتد حتى القطب الجنوبي السماوي.
Vernal equinox	الاعتدال الربيعي: الوقت الذي تمر فيه الشمس من خط الاستواء السماوي في الربيع. طول النهار وطول الليل متساويان.
Viscosity	لزوجة: قوام سائل أو التصاقيته.
Visible range	المدى المنظور: المسافة التي يرى منها جسم بارتفاع ما لأول مرة فوق الأفق (تدعى المدى الجغرافي أيضا).
Waning Moon	قمر منحسر: الوقت الذي يتناقص فيه لمعان القمر مع الزمن.
Warm front	جبهة دافئة: انتقال يتم عندما ترتطم جبهة هوائية رطبة ودافئة بهواء جاف وبارد.
Water wave	موجة مائية: موجة عند الحد الفاصل بين الماء والهواء.
Wave height	ارتفاع الموجة: المسافة العمودية من قمة الموجة إلى قاعها، عادة لموجة مائية.
Wavelength	طول الموجة: المسافة الطولية من قمة موجة إلى قمة الموجة التالية.
Waxing Moon	قمر متلمع: الوقت الذي يزداد فيه لمعان القمر مع الزمن.

الرياح الغربية: رياح سائدة في الأقاليم المعتدلة تهب من الغرب إلى الشرق.	Westerlies
بوصلة ريحية: مخطط للاتجاهات مبني على اتجاه رياح معروفة.	Wind compass
باتجاه الريح: في الاتجاه الذي تهب منه الريح وهو عكس الاتجاه خلف الرياح.	Windward
الانقلاب الشتوي: الوقت الذي تصل فيه الشمس إلى أخفض ميل لها. يكون طول النهار هو الأقصر في نصف الكرة الشمالي.	Winter solistice
مصطلح من جزر مارشال يعبر عن القلق من الضياع.	Wiwijet
صدمة الغابة: حالة القلق الناجمة عن الضياع في البرية.	Woods shock
قارب شراعي بمقدمة بارزة يحرك بشراع مثلثي وبمجدفين أيضا.	Xebec
حامل الشراع: عارضة تربط بالصاري لقارب شراعي، وتحمل الشراع.	Yard
التعرج: حركة دورانية لقارب عندما تتحرك المقدمة إلى اليسار وتتحرك المؤخرة إلى اليمين والعكس.	Yaw
الأوج: النقطة في السماء فوق الرأس مباشرة كما ترى بالنسبة إلى مراقب.	Zenith

ملاحق

WITHE

ملحق 1
محاور النجوم الرئيسة وتمثيلها على خرائط أرضية

هذه قائمة بنجوم الملاحة الرئيســة ومواقعها في مخطط الميل/ خط الطول الذي وضعته. قرنت الميل وخط الطول السماوي لكل نجم بموقع على الأرض يمكن تذكره بسهولة. في بعض الحالات لم أستطع العثور على موقع «يمكن تذكره» لكنني وجدت موقعا آخر ضمن درجة واحدة.

الشكل

اسم النجم (برج) الميل الموقع على الأرض (خط عرض، خط طول)	خط الطول السماوي الموقع على الأرض (خط عرض، خط طول)
التجمع الشرقي	
الدبران (الثور) 17° شمال مونسترات (170 شمال، 63° غرب)	69° شرق دواركا، الهند (22° شمال، 69° شرق)
الفرد (كوكبة الشجاع) 9° جنوب ميناء مورسبي، بابوا غينيا الجديدة (9° جنوب، 147° شرق)	142° شرق سابورو، اليابان (141° شرق، 45° شمال)
الفيراتز (اندروميدا، المرأة المسلسلة) 29° شمال نيودلهي (290° شمال، 77° شرق)	2° شرق باريس (49° شمال، 2° شرق)
يد الجوزاء (الجبار) 7° شمال جورج تاون، غوايانا (7° شمال، 58° غرب)	89° شرق كلكتا (23° شمال، 88° شرق)
سهيل (الجؤجؤ) 53° جنوب جزيرة جورجيا الجنوبية (54° جنوب، 80° غرب)	96 ^{0}شرق رانكوون، بورما (96° شرق، 17° شمال)

العيوق (ذو الأعنة) 46° شمال جنيف (46° شمال، 6° شرق)	79° شرق نيودلهي (29° شمال، 77° شرق)
الثريا 24° شمال كي ويست (24° شمال، 82° غرب)	57° شرق نقطة بين مضيق هرمز وخليج عمان
رأس التوأم أو هرقل (التوأم) 28° شمال نيودلهي (29° شمال، 77° شرق)	116° شرق بكين (40° شمال، 116° شرق)
الشعرى الشامية (الكلب الأصغر) 5 ⁰ شمال بوغوتا (5° شمال، 74° غرب)	115° شرق بكين (40° شمال، 116° شرق)
قلب الأسد (الأسد) 12° شمال جيبوتي (12° شمال، 43° شرق)	152° شرق بريزبين (27° جنوب، 153° شرق)
الرجل (جبار) 8° جنوب ميناء مورسبي، بابوا غينيا الجديدة (9° جنوب،147° شرق)	78° شرق نيودلهي (29° شمال، 77° شرق)
الشعرى اليمانية (الكلب الأكبر) 17° شرق لا باز، بوليفيا (16° شرق، 68° غرب)	101° شرق بانكوك (14° شمال، 101° غرب)
التجمع الغربي	
النسر الطائر (العقاب - المثلث الصيفي) 9° شمال مدينة بنما (9° شمال، 80° غرب)	62° غرب نيوغلاسغو/ نيوسكوتيا (46° شمال، 63° غرب)
قلب العقرب (العقرب) 26° جنوب أسونسيون، باراغواي (25° جنوب، 58° غرب)	113° غرب دراموند، مونتانا (45° شمال، 113° غرب)

السماك الرامح (العواء) 19° شمال مدينة مكسيكو (19° شمال، 99° غرب)	 146° غرب فيربانكس ألاسكا (65° شمال، 148° غرب)
ذنب الدجاجة (البجعة – المثلث الصيفي) 45° شمال كاليه، مين (45° شمال، 67° غرب)	 50° غرب بيليم، البرازيل (1° جنوب، 49° غرب)
فومال هاوت (السمكة الجنوبية) 30° جنوب بيرث أستراليا (32° جنوب، 115° شرق)	 16° غرب جزر الكناري (28° شمال، 16° غرب)
السنبلة (العذراء) 11° جنوب ليما بيرو (12° جنوب، 77° غرب)	 159° غرب أنياك، ألاسكا (62° شمال، 159° غرب)
النسر الواقع (القيثارة - المثلث الصيفي) 39° شمال زانزفيل أوهايو (40° شمال، 82° غرب)	 81° غرب زانزيفيل أوهايو (40° شمال، 82° غرب)
التجمع الشمالي	
الدب (الدب الأكبر) 62° شمال ريجيافيك (64° شمال، 22° غرب)	 166° شرق جزيرة ويك (20° شمال، 166° شرق)
شيدار (ذات الكرسي) 54° شمال كوبنهاغن (56° شمال، 12° شرق)	 10° شرق هامبورغ (54° شمال، 10° شرق)

ملحق 2
بعض الأحداث المهمة بالنسبة إلى خطوط الطول والعرض

500 ق. م	أدرك اليونان طبيعة الأرض الكروية
300 ق. م	رحلات فيثيس، مبدأ خط العرض
200 ق. م	قياس ايراتوثينس لنصف قطر الأرض
200 م	كتاب المجسطي لبطليموس، جداول لخطوط العرض والطول
850	قياس نصف قطر الأرض خلال عصر الخليفة المأمون
1000	أعمال البيروني في هندسة الأرض والفلك والرياضيات
1000	عمل الجياني على المثلثات الكروية
1000	رحلة النورديين إلى أمريكا الشمالية
1050	أعمال الزرقالي على الفلك، جداول طليطلة لخطوط العرض والطول
1200 - 1300	أول استخدام للبوصلة المغناطيسية في أوروبا والإمبراطورية العربية، وخرائط الموانئ
1460	أول قياس لخط العرض على شاطئ أفريقيا
1488	بارثولميو دياز يقيس خط عرض رأس الرجاء الصالح
1492	تجارب كولومبس الأولى لمشاهدة النجم القطبي
1504	قياس كولومبوس لخط عرض خليج سانت آن من الخسوف القمري
1527	دييغو ريبيرو ينتج أول خارطة عالمية بخطوط طول وعرض
1569	ميركاتور ينتج خارطة عالمية بإسقاط يحافظ فيه على خطوط البوصلة
1599	إدوارد رايت ينشر كتابه «أخطاء معينة في الملاحة»
1600-1700	تبني بطيء لمخطط ميركاتور واستخدام المشاهدة مع التخمين الصائب
1708	كارثة أسطول شوفيل على جزر صقلية
1714	قانون خط الطول
1730	هادلي وغودفري يطوران المثمن
1761	أول اختبار بحري لمقياس الوقت البحري لهاريسون
1802	نشرالملاح الأمريكي العملي لبوديتش
1843	نشر سومنر حول استخدام خطوط الموقع على مخططات ميركاتور
1875	مارك سانت هيلير ينشر طريقته في التقاطع

ملحق 3
جداول طليطلة

أُدرجــت أدناه قائمة كاملة لجداول طليطلة، كما نــشرت من قبل ج. ك. رايت في «ملاحظــات حول معرفة خطوط العرض والطول في العصور الوســطى»[1]. قيم خطــوط العرض كلها هي شــمالا، وقيم خطوط الطول كلهــا هي شرق خط الزوال الرئيس المستخدم في الجدول. تشير مقارنة القيم الحديثة لخطوط الطول مع القيم المعتمدة في الجدول إلى أن خط الزوال المعتمد في الجدول هو 23 درجة شرق خط زوال غرينتــش. وهذا ينطبق على خط زوال جــزر كيب فيردي. القيم كلها موجبة، لواقع كونها جميعا شــمال خط الاستواء لخطوط العرض وشرق خط الزوال الرئيس المستخدم في الجدول.

ألاحــظ أن الدقة النموذجية بالنســبة إلى خطوط العرض هــي درجة واحدة، وبالنســبة إلى خطوط الطول 6 درجات تقريبــا بالمقارنة مع القيم الحالية. أدخلت القيم المســجلة مع الدقائق القوسية كي تكون كاملة، وليس لأني أعتقد بوجود دقة أقل من درجة واحدة. حيث تشير القراءة إلى «00» للدقائق القوسية، يمكن للقارئ أن يســتنتج بثقة أن القيمة في الجدول أدخلت فقط إلى أقرب درجة. إدخال «00» هو لمجرد الحفاظ على شكل موحد للأرقام فقط، ويجب ألا يؤخذ على أنه دقة أقل من درجة واحدة.

خطوط العرض والطول الموجودة في جداول طليطلة

الموقع	خط العرض	خط الطول
طنجة	15’ 35°	30’ 6°
سبتة	35’ 20°	0’0 8°
قرطبة	30’ 38°	20’ 9°
طليطلة	00’ 40°	00’ 11°

سيجماسة	00’ 22 °	00’ 15 °
غانا	45’ 10 °	15’ 30 °
Sedes regis Francorum (وسط فرنسا)	50’ 45 °	45’ 23 °
Insula tule (جزيرة آيسلاندا)	10’ 58 °	00’ 10 °
قرطاج	00’ 37 °	00’ 27 °
تونس	00’ 38 °	00’ 29 °
Emerita (إسبانيا)	55’ 45 °	00’ 08 °
بلخ	10’ 38 °	45’ 108 °
البيت (Albeyt)	00’ 38 °	00’ 130 °
الرقة (Aracah)	00’ 36 °	36’ 73 °
مكة	00’ 21 °	00’ 67 °
جدة	15’ 20 °	30’ 66 °
المدينة	00’ 25 °	20’ 65 °
Algoz (البرتغال)	00’ 24 °	50’ 63 °
Yspeen	30’ 34 °	00’ 75 °
الري	30’ 37 °	00’ 86 °
فرغانة	00’ 36 °	00’ 86 °
خوارزمي (Goarizmi)	10’ 42 °	50’ 91 °
البحرة (Albahra)	00’ 31 °	74 °00’
Hamen	45’ 19 °	°8430’
حضرموت	30’ 12 °	00’ 71 °

صنعاء	30’ 14 °	40’ 63 °
أرمينيا	00’ 41 °	00’ 77 °
بخارى	50’ 36 °	20’ 107 °
سرنديب	00’ 03 °	00’ 125 °
Almedia	00’ 36 °	00’ 32 °
Cireneti	30’ 35 °	00’ 31 °
جزيرة سردينيا	00’ 38 °	00’ 31 °
روما	50’ 41 °	25’ 35 °
H’abiz	00’ 32 °	00’ 36 °
جزيرة صقلية	00’ 39 °	00’ 36 °
مالطا	00’ 36 °	00’ 38 °
طرابلس	00’ 33 °	00’ 40 °
برقة	00’ 31 °	03’ 47 °
الإسكندرية	00’ 31 °	20’ 51 °
دمياط	00’ 31 °	40’ 54 °
Eraclia	35’ 46 °	25’ 52 °
مدينة النوبة Urbs a nuba	30’ 14 °	00’ 53 °
بغداد	25’ 33 °	00’ 80 °
Messera	00’ 30 °	00’ 51 °
Alcuzum	20’ 28 °	30’ 56 °
أسوان	30’ 22 °	30’ 56 °

الكرمل	30’ 31 °	40’ 55 °
Ashalem	00’ 32 °	40’ 55 °
Aranida	15’ 32 °	00’ 56 °
القدس	00’ 32 °	00’ 56 °
صور	00’ 33 °	00’ 57 °
القسطنطينة	00’ 45 °	00’ 44 °
دمشق	10’ 33 °	00’ 60 °
طرابلس	00’ 34 °	35’ 60 °
الكوفة	50’ 31 °	30’ 64 °

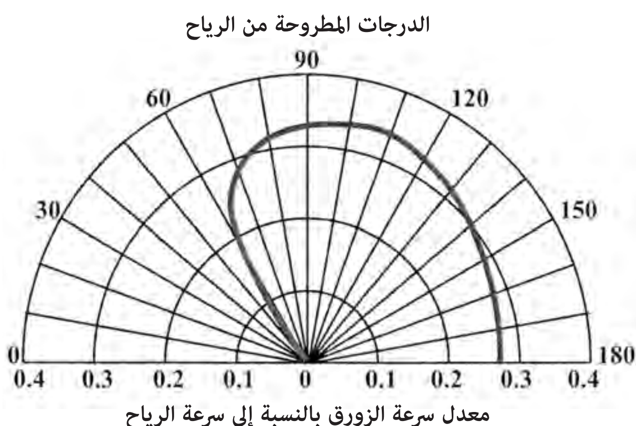
ملحق 4

إمكانات الإبحار في قصة بينتابو

هنــاك عدد من مصــادر المعلومات عن إمكانات قوارب الإبحــار المحلية في جزر المحيط الهادئ، كان أقدمها تقارير القبطان كوك. يســجل آرثر غريمبل أن زوارق جزر غيلبرت كانت قادرة على الإبحار حتى 70 درجة ضد الريح، ويمكن لزوارق السباق أن تبحر بسرعة 12 عقدة.

قــاس بين فيني قدرات قارب بهيكل مزدوج ناليهيــا (Nalehia)، الذي بني ليقلَد زوارق رحــلات جزر المحيط الهادئ [1]. في الشــكل (225) أبــين مخططا من توصيف فيني لقدرات الإبحار لهذا القارب. اســتنتج فينــي أن القارب بهيكل مزدوج يمكنه أن يبحر حتى 75 درجة ضد الريح، وبسرعة زورق 30 في المائة من سرعة الريح تقريبا.

كان لــزورق ناليهيا تصميم يســتخدم عارضة رئيســة مــدورة، وزوجا من أشرعة مخلب السرطان. جزئيا اختير تصميم ناليهيا لرحلات بعيدة المدى، لكن ليس بالضرورة لإبحار أعلى كفاءة ضد الرياح. في المقابل كانت زوارق جزر غيلبرت ذات هيكل وحيد، ولها عارضة رئيسة أكثر حدة وأقل تناظرا [2]. إضافة إلى ذلك، استخدمت أشرعة لاتينية بحرية بدلا من أشرعة مخلب السرطان. هذه العوامل كلها تعطي زوارق جزر غيلبرت قدرات إضافية للإبحار ضد الريح، تتفق مع تقدير غريمبل لزاوية بمقدار 70 درجة ضد اتجاه الريح، وبنسبة سرعة الزورق إلى سرعة الريح أعلى من الشكل (225).



الشكل: (225): قدرات الإبحار لزورق بولينيزي مزدوج الهيكل.

لتقدير إمكانات الإبحار لبينتابو اســتخدمت ظروف الطقس المســجلة لأبيماما وتــاراوا في منتصف يوليو 2011. وجدت أن الفرص لرحلة العودة الصعبة من تاراوا إلى أبيماما كانت محدودة باســتخدام إمكانات زورق ناليهيا بالظروف التي تحدث في معظــم الأيام. الفرق بين 75 درجة و70 درجة باتجاه الريح، وإضافة 10 في المائة لنســبة سرعة الزورق إلى الريح كانا كافيين ليســمحا بعــودة ممكنة. حتى في هذه الحالة، كانت سرعة رياح مستقرة دنيا بمقدار 16 عقدة ضرورية لمقاومة تيار بسرعة 1.2 عقدة في تلك المنطقة من جزر غيلبرت بنجاح.

المد في جزر غيلبرت نصف يومي، وقد اخترت 17 يوليو 2011، كموعد للمغادرة. للبحث عن موعد عودة، كان عليَّ أن أنتظر حتى 25 يوليو كموعد مغادرة للحصول على سرعة ريح كافية لخلق رحلة عودة كما هي مخططة في الشكل (224).

الهوامش

withe

الفصل التاسع

1. Robert Greenler, *Rainbows, Halos and Glories* (Cambridge: Cambridge University Press, 1980), 165.
2. William Scoresby Jr., *An Account of the Arctic Regions* (Edinburgh, Scotland: Archibald Constable and Co., 1820), 386.
3. Robert E. Peary, *Nearest the Pole* (New York: Doubleday, 1907), 202.
4. Peary, *Nearest the Pole*, 207.
5. Rollin Arthur Harris, *Arctic Tides* (Washington, DC, U.S. Government Printing Office, 1911), 91.
6. Donald MacMillian and Walter Ekblaw, *Four Years in the White North* (New York: Harper and Brothers, 1918), 80.
7 David Lewis, *We, the Navigators* (Honolulu: University of Hawaii Press, 1972), 222.
8. Ibid., 222.
9. S. Rizvi, "A Newly Discovered Book of Al-Biruni 'Ghurrat-ua-Zijat' and Al-Biruni's Measurements of Earth's Dimensions," in *Al-Biruni, Commemorative Volume, Proceedings of the International Congress held in Pakistan on the Occasion of the Millenary of Abu Raihan Muhammad ibn Ahmad al-Biruni, Nov. 28–Dec. 12, 1973*, ed. Hakim Mohammed Said (Karachi, Pakistan: Hamdard Academy, 1979), 605–690.
10. Jim al-Khalili, *Science and Islam, episode 2, The Power of Reason,* BBC4, first aired Jan. 12, 2009.
11. J. O'Connor and E. Robertson, in MacTutor History of Mathematics Archives, http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Al-Biruni.html.

الفصل العاشر

1. John K. Wright, "Notes on the knowledge of latitudes and longitudes in the Middle Ages," *Isis* 5:1 (1923): 75–98.
2. Yaqut al-Hamawai, *The Introductory Chapters of Yaqut's Mu-Jam Al-Buldan,* trans. Wadie Jwaideh (Washington, DC: the George C. Keiser Foundation, 1955), 60.
3. Other combinations are needed for other climes. For a full treatment the interested reader should consult a book on celestial navigation.
4. George Nunn, *The Geographical Conceptions of Columbus* (New York: American Geographical Society, 1922), 7.
5. Ibid., 8.
6. Samuel Eliot Morison, *Admiral of the Ocean Sea* (Boston: Little, Brown and Co., 1942), 258.

7. Ibid., 186–187.
8. Sir John Narborough, Captain Jasmen Tasman, Captain John Wood, Frederick Marten Well, *An Account of Several Late Voyages and Discoveries to the South and North* (London: S. Smith and B. Walford, 1694), 160.
9. See, for example, Morison's account in *Admiral of the Ocean Sea,* Vol. 2.

الفصل الحادي عشر

1. Joshua Slocum, *Sailing Alone Around the World* (New York: Barnes and Noble Classics, 2005, original 1900), 59.
2. Peter Kemp, *The Oxford Companion to Ships and the Sea* (London: Oxford University Press, 1976), 233, 399.
3. I thank my mother for this one, Carol Monnik Huth, who would often repeat this saying to me. It has many folkloric variants.
4. David Lewis, *We the Navigators* (Honolulu: University of Hawaii Press, 1994), 221.
5. Nick Ward, *Left for Dead* (New York: Bloomsbury USA, 2007), 40.
6. Frank Gallagher, "Green Thunderstorms" (Ph.D. diss., University of Oklahoma, 1997).
7. Gene Ammarell, *Bugis Navigation* (New Haven, CT: Yale University Southeast Asia Studies, Ernest Beaglehole and Pearl Beaglehole, 1999), 98.
8. David Lewis, *We the Navigators*, 111–115.
9. Richard Feinberg, *Polynesan Seafaring and Navigation* (Kent, OH: Kent State University Press, 1988), 92–100.
10. Ibid., 98.

الفصل الثاني عشر

1. Joshua Slocum, *Sailing Alone Around the World* (New York, Barnes & Noble Classics, 2005), 169.
2. www.sailing.org.
3. Many details of Abby's attempt and subsequent controversy can be found in much of the news media during this period; e.g., Paul Harris, "Parents of rescued teenage sailor Abby Sunderland accused of risking her life," *The Guardian*, July 13, 2010, 1, http://www.guardian.co.uk/world/2010/jun/13/abby-sunderland-lone-sailor-rescued.
4. Marianne George, "Polynesian Navigation and *Te Lapa* — 'The Flashing,'" *Time and Mind* 5 (2012): 159–166.
5. David Lewis, *We the Navigators* (Honolulu: University of Hawai'i Press,

1994), 224–251.

6. Joseph Genz et al., "Wave Navigation in the Marshall Islands," *Oceanography* 22 (2009): 234–245.
7. David Lewis, *We the Navigators*, 225.
8. Ibid., 225.
9. James Cook, *A Voyage Towards the South Pole and Round the World* (London: Strahan and Cadell, 1777), 316.
10. Genz et al., "Wave Navigation in the Marshall Islands," 238.
11. Genz et al., "Wave Navigation in the Marshall Islands," 241.
12. Joseph Genz, "Marshallese Navigation and Voyaging: Re-learning and Reviving Indigenous Knowledge of the Ocean" (PhD diss., University of Hawai'i, 2008), 189.
13. Genz et al., "Wave Navigation in the Marshall Islands," 238.
14. Genz, PhD diss., 162–163.
15. Genz, PhD diss., 155–158.
16. Genz, PhD diss., 158.
17. M. George, "Polynesian Navigation and *Te Lapa*," 163–165.
18. Genz, et al., "Wave Navigation in the Marshall Islands," 242.
19. Winkler, Capt., "On sea charts formerly used in the Marshall Islands, with notices on the navigation of these islanders in general," *Smithsonian Institute Report for 1899*, 54 (1901).
20. Genz, PhD diss., 166–176.
21. Genz et al., "Wave Navigation in the Marshall Islands," 240.

الفصل الثالث عشر

1. Ole Crumlin-Pedersen, "Skibe, sejlads og ruter hos Ottar og Wulfstan," in *Ottar og Wulfstan to rejsebeskrivelser fra vikingetiden* (Roskilde, Denmark: The Viking Ship Museum, 1983) 32–44.
2. See, for example, George Indruszewski and C. M. Barton, "Simulating Sea Surfaces for Modeling Viking Age Seafaring in the Baltic Sea," in *Digital Discovery: Exploring New Frontiers in Human Heritage, Proceedings of 34th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, April 2006,* ed. J. Clark and E. Hagenmeister (Budapest, Hungary: Archaeolingua, 2007), 617–618.
3. Pliny, *Natural History, Book II,* 99. See, for example, translation in Perseus Digital Library: www.perseus.tufts.edu/hopper.
4. Hermann Diels, *Doxographi Graeci* (Berlin, Germany: G. Reimer, 1879), 383.

5. John Kirtland Wright, *Geographic Lore of the Time of the Crusades,* V2 (New York: Dover Books, 1965) 82–100.
6. L. Arnaudon et al., "Effects of terrestrial tides on the LEP beam energy," *Nuclear Instruments and Methods* A 357 (1995): 249–252.
7. Brian Arbic, Pierre St-Laurent, Graig Sutherland, and Chris Garrett, "On the resonance and influence of the tides in Ungava
8. Gabriel Godin, "The resonant period of the Bay of Fundy," *Continental Shelf Research* 8 (1988): 1005–1010.

الفصل الرابع عشر

1. H. A. Marmer, "The Gulf Stream and its Problems," *Geographical Review* 19:2 (1929): 457.
2. Silas Bent in a letter to Judge Daly, published in the *Journal of the American Geographical and Statistical Society* in 1870, quoted by J. K. Wright, "The Open Polar Sea," *Geographical Review* 43:3 (1953): 356.
3. F. Nansen, "Some Results of the Norwegian Arctic Expedition, 1893-96," *The Geographical Journal* 9:5 (May 1897): 495.
4. See, for example, Roemmich et al., "Decadal Spinup of the South Pacific Subtropical Gyre," *Journal of Physical Oceanography* 137 (2007): 162–173.
5. Ernest Sabatier, *Astride the Equator,* trans. U. Nixon (Melbourne, Australia: Oxford University Press, 1977), 13.
6. David Lewis, *We the Navigators* (Honolulu: University of Hawai'i Press, 1984), 154.
7. http://jboatnews.blogspot.ch/2012/06/bermuda-race-sailing-preview.html.
8. Steve Thomas, *The Last Navigator* (New York: International Marine/ Ragged Mountain Press, 1987), 29.
9. R. Firth, "Anuta and Tikopia: Symbiotic elements in social organization," *Journal of the Polynesian Society* 63 (1954): 91.
10. Steve Thomas, *The Last Navigator,* 32.
11. Joshua Slocum, *Sailing Alone Around the World,* 2nd ed. (New York: The Century Co., 1919), 58.
12. Lin and Larry Pardey, *Storm Tactics Handbook* (Arcata, CA: Paradise Cay Publications, 1996), 5.

الفصل الخامس عشر

1. http://www.physorg.com/news/2011-01-cretan-tools-year-old-sea.html (from Associated Press).

2. Geoffrey Irwin, *The Prehistoric Exploration and Colonisation of the Pacific* (Cambridge: Cambridge University Press 1992), 39.
3. Herodotus, trans. Aubrey De Sélincourt, John Marincola, *Herodotus: The Histories* (London: Penguin Books, 2008), 253.
4. http://vikingeskibsmuseet.dk/en/exhibitions/the-skuldelev-ships/.
5. Ole Crumlin-Pedersen, Olaf Olse, ed., *The Skuldelev Ships I* (Roskilde, Denmark: Viking Ship Museum, 2002).
6. D. S. Noble, "The Coastal Dhow Trade of Kenya," *The Geographical Journal* 129:4 (1963): 500.
7. Birgitta Wallace Ferguson, "L'Anse aux Meadows and Vínland," in *Approaches to Vínland*, proceedings of the 1999 Conference on the written and archaeological sources for the Norse settlements in the North-Atlantic region and exploration of America, The Nordic House, Reykjavik, 9–11 Aug. 1999, ed. A. Wawn and Þórunn Sigurðardóttir (Reykjavik, Iceland: Sigurður Nordal Institute, 2001), 140–141.
8. W. Barron and G Burgess (ed.), *The Voyage of Saint Brendan, Representative Versions of the Legend in English Translation* (Exeter, UK: University of Exeter Press, 2002), 29.
9. Henry Colman Folkard, *The Sailing Boat: A Description of English and Foreign Boats* (London: Longman, Green and Roberts, 1870), 243.

الفصل السادس عشر

1. Geoffrey Irwin, *The Prehistoric Exploration and Colonisation of the Pacific* (Cambridge: Cambridge University Press 1992), 39.
2. David Lewis, *We the Navigators* (Honolulu: University of Hawai'i Press, 1996), 157–158.
3. Ben Finney,*Voyage of Rediscovery* (Berkeley: University of California Press, 1994), 38.
4. I. C. Campbell, "The Lateen Sail in World History," *Journal of World History* 6:1 (1995): 13.
5. Zaraza Friedman, Levent Zoroglu, "Kelenderis Ship — Square or Lateen Sail?," *The International Journal of Nautical Archaeology* 35:1 (2006): 108–116.
6. Patrice Pomey, "The Kelenderis Ship: A Lateen Sail," *The International Journal of Nautical Archaeology* 35:2 (2006): 326–329.
7. *Saga of the Greenlanders*, from *The Complete Sagas of Icelanders*, ed. Vidar Hreinsson (Reykjavic, Iceland: Leifur Eiríksson Publishing, 1997), 23–24.

8. See, for example, http://lexicon.ff.cuni.cz/html/oi_cleasbyvigfusson/b0056.html.
9. Leo Block, *To Harness the Wind* (Annapolis, MD: Naval Institute Press, 2003), 132.
10. Ibid., 132.
11. C. A. Marchaj, "Planform Effect of a Number of Rigs on Sail Power," in *Proceedings of Regional Conference on Sail-Motor Propulsion,* Manila, Philippines, 1985, ed. C. Mudie, *Journal of Navigation* 41 (1988): 71.

الفصل السابع عشر

1. "Pilot fatigue cited in Air Canada mid-flight dive," CBC News release, April 16, 2012, www.cbc.ca/news/canada/toronto/story/2012/04/16/air-canada-zurich-flight-incident-report.html.
2. James Hornell, "The Role of Birds in Early Navigation," *Antiquity* 20:79 (1946): 142–149.
3. J. Frank Stimson, *Songs and Tales of the Sea Kings*, ed. Stanley Marshall (Salem, MA: Peabody Museum of Salem, 1957).
4. David Lewis, *We the Navigators* (Honolulu: University of Hawai'i Press, 1996), 324.
5. Bruce Cartwright, "The Legend of Hawaii-Loa," *Journal of the Polynesian Society* 38 (1927): 150.
6. Hornell, "The Role of Birds in Early Navigation," 144.
7. Samuel Eliot Morison, *Admiral of the Ocean: A Life of Christopher Columbus* (Chicago: University of Chicago Press, 1942), 214.
8. www.ancienttexts.org/library/mesopotamian/gilgamesh/tab11.htm.
9. Le-Qing Wu, J. David Dickman, "Neural Correlates of a Magnetic Sense," *Science* 336:6084 (2012): 1054–1057.
10. From the website of the New Northvegr Center, text transcribed by Aaron Myer, http://www.northvegr.org/sagas%20annd%20epics/miscellaneous/landnamabok/003.html#.
11. Translation from John Watson McCrindle, *Ancient India as Described in Classical Literature* (Westminster, UK: Elbron Classics, 2005), 103.
12. Frank Reed, personal communication (2010).
13 Hornell, "The Role of Birds in Early Navigation" (1946).
14. Harold Gatty, *Finding your Way Without Map or Compass* (New York: Dover Books, 1983), 43.
15. David Lewis, *We the Navigators,* 205.
16. J. Frank Stimson, *Songs and Tales of the Sea Kings*, 76.
17. William Longyard, *A Speck on the Sea* (Camden, ME: International Marine, 2003), 78.

18. Lin and Larry Pardey, *Storm Tactics Handbook* (Arcata, CA: Paradise Cay Publications, 1996), 5.
19. Steven Callahan, *Adrift: Seventy-Six Days Lost at Sea* (New York: Houghton Mifflin, 1986).
20. William Butler, *66 Days Adrift* (Camden, ME: International Marine, 2005).
21. Lauren Hillenbrand, *Unbroken* (New York: Random House, 2010), 159.
22. Lewis, *We, the Navigators*, 253.
23. Lewis, *We, the Navigators,* 255.
24. Jeffrey Kluger, James Lovell, *Apollo 13* (New York: Houghton Mifflin, 1994), 69.
25. George Shelvocke, *A Voyage Round the World by Way of the Great Southern Sea* (London: J. Senex, 1727), 418.
26. Marianne George, "Polynesian Navigation and *Te Lapa* — 'The Flashing,'" *Time and Mind: The Journal of Archaeology, Consciousness and Culture* 5:2 (2012): 141.
27. Ibid., 153.
28. Richard Feinberg, "In Search of *Te Lapa:* A Navigational Enigma in Vaeakau-Taumako, Southeastern Solomon Islands," *The Journal of the Polynesian Society* 120:1 (2011): 57–70.
29. Ibid., 68.
30. M. George, "Polynesian Navigation and *Te Lapa*," 168.
31. http://www.youtube.com/watch?v=0b_S9C1UZd4.

الفصل الثامن عشر

1. Captain Winkler, "On Sea Charts Formerly Used in the Marshall Islands, with Notices on the Navigation of These Islanders in General," *Annual Report of the Smithsonian Institution, 1899* (Washington, DC: Smithsonian Institution, 1901): 507.
2. R. G. Roberts, "The Dynasty of Abemama," *The Journal of the Polynesian Society* 62:3 (1953): 267–278.
3. During World War II marine landing craft attacking Betio ran aground on shallow reefs because of unusual tidal conditions. This made them vulnerable to shell fire from Japanese positions on the island.

الملحق 3

1. John K. Wright, "Notes on the knowledge of latitudes and longitudes in the Middle Ages," *Isis* 5:1 (1923): 75–98

الملحق 4

1. B. Finney, "Voyaging Canoes and the Settlement of Polynesia," *Science* 196:4296 (1977): 1277–1285.
2. Arthur Grimble, "Canoes in the Gilbert Islands," *The Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland* 54 (1924): 108–139.

المؤلف في سطور

جون إدوارد هوث

- أستاذ الفيزياء في جامعة هارفرد الأمريكية.
- اهتمامه العلمي الأساسي يتركز في انكسار التناظر الكهربي الضعيف.
- عضو في لجنة ATLAS المشتركة التابعة للمركز الأوروبي للفيزياء النووية.
- عضو في معهد رادكلف للدراسات المتقدمة التابع لبرنامج فنتشر فاكلتي.

المترجم في سطور

د. سعد الدين خرفان

- من مواليد مدينة حمص/ سورية 1946.
- حصل على البكالوريوس في الهندسة الكيميائية من جامعة ليدز- بريطانيا في العام 1969.
- حصــل على الماجســتير في كيمياء الهايدروكربونات من جامعة مانشســتر في العام 1970.
- حصــل على الدكتوراه في هندســة المفاعلات من جامعة نيوكاســل في بريطانيا في العام 1976.
- أستاذ في كلية الهندسة الكيميائية والبترولية بجامعة البعث.
- مدير بحوث في هيئة الطاقة الذرية من العام 1986 إلى العام 2001.
- عضــو مكتــب المهام التابــع للجنة الأمــم المتحدة لتغير المنــاخ IPCC في جنيف بسويسرا منذ العام 2002.
- عضو اتحاد الكُتاب العرب منذ العام 2005.
- له أكثر من 25 كتابا مؤلفا ومترجما في الهندسة الكيميائية والطاقة والبيئة والمياه.
- من كتبه المنشــورة: «رؤى مســتقبلية»، «الله والعقل والكــون»، «من أجل البقاء أحياء»، «وجه غايا المتلاشي»، و«فيزياء المستحيل».

سلسلة عالم المعرفة

«عالم المعرفة» سلسلة كتب ثقافية تصدر في مطلع كل شهر ميلادي عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب – دولة الكويت – وقد صدر العدد الأول منها في شهر يناير العام 1978.

تهدف هذه السلسلة إلى تزويد القارئ بمادة جيدة من الثقافة تغطي جميع فروع المعرفة، وكذلك ربطه بأحدث التيارات الفكرية والثقافية المعاصرة. ومن الموضوعات التي تعالجها تأليفا وترجمة:

1 – الدراسات الإنسانية: تاريخ ـ فلسفة – أدب الرحلات – الدراسات الحضارية – تاريخ الأفكار.

2 – العلوم الاجتماعية: اجتماع – اقتصاد – سياسة – علم نفس – جغرافيا – تخطيط – دراسات استراتيجية – مستقبليات.

3 – الدراسات الأدبية واللغوية: الأدب العربي – الآداب العالمية – علم اللغة.

4 – الدراسات الفنية: علم الجمال وفلسفة الفن – المسرح – الموسيقى – الفنون التشكيلية والفنون الشعبية.

5 – الدراسات العلمية: تاريخ العلم وفلسفته، تبسيط العلوم الطبيعية (فيزياء، كيمياء، علم الحياة، فلك) ـ الرياضيات التطبيقية (مع الاهتمام بالجوانب الإنسانية لهذه العلوم)، والدراسات التكنولوجية.

أما بالنسبة إلى نشر الأعمال الإبداعية ـ المترجمة أو المؤلفة ـ من شعر وقصة ومسرحية، وكذلك الأعمال المتعلقة بشخصية واحدة بعينها فهذا أمر غير وارد في الوقت الحالي.

وتحرص سلسلة «عالم المعرفة» على أن تكون الأعمال المترجمة حديثة النشر.

وترحب السلسلة باقتراحات التأليف والترجمة المقدمة من المتخصصين، على ألا يزيد حجمها على 350 صفحة من القطع المتوسط، وأن تكون مصحوبة بنبذة وافية عن الكتاب وموضوعاته وأهميته ومدى جدته. وفي حالة الترجمة ترسل نسخة

مصورة من الكتاب بلغته الأصلية، كما ترفق مذكرة بالفكرة العامة للكتاب، وكذلك يجب أن تدوّن أرقام صفحات الكتاب الأصلي المقابلة للنص المترجم على جانب الصفحة المترجمة، والسلسلة لا يمكنها النظر في أي ترجمة ما لم تكن مستوفية لهذا الشرط. والمجلس غير ملزم بإعادة المخطوطات والكتب الأجنبية في حالة الاعتذار عن عدم نشرها. وفي جميع الحالات ينبغي إرفاق سيرة ذاتية لمقترح الكتاب تتضمن البيانات الرئيسية عن نشاطه العلمي السابق.

وفي حال الموافقة والتعاقد على الموضوع ــ المؤلف أو المترجم ـ تصرف مكافأة للمؤلف مقدارها ألفا دينار كويتي، وللمترجم مكافأة بمعدل ثلاثين فلسا عن الكلمة الواحدة في النص الأجنبي، (وبحد أقصى مقداره ألفان وخمسمائة دينار كويتي).

سعر النسخة

الكويت ودول الخليج	دينار كويتي
الدول العربية	ما يعادل دولارا أمريكيا
خارج الوطن العربي	أربعة دولارات أمريكية

الاشتراكات

دولة الكويت

للأفراد	15 د . ك
للمؤسسات	25 د . ك

دول الخليج

للأفراد	17 د . ك
للمؤسسات	30 د . ك

الدول العربية

للأفراد	25 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	50 دولارا أمريكيا

خارج الوطن العربي

للأفراد	50 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	100 دولار أمريكي

تسدد الاشتراكات والمبيعات مقدما نقدا أو بشيك باسم المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، مع مراعاة سداد عمولة البنك المحول عليه المبلغ في الكويت، ويرسل إلينا بالبريد المسجل على العنوان التالي:

المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

ص. ب 23996 الصفاة - الرمزي البريدي 13100

دولة الكويت

بدالة: 22416006 (00965)

داخلي: 1196/ 1195/ 1194/ 1153/1193/ 1152

هذا الكتاب...

قبـل ظهور نظام تحديد الموقـع العالمي (GPS) و«غوغـل - أرض» (Google Earth)، والانتقال العالمي بزمن طويل، سـافر البشر مسـافات طويلة مسـتخدمين دلائل من البيئة وأدوات بسـيطة فقط. يسأل المؤلف جون هوث: ما الذي ضاع منا عندمـا حلّت التقنية الحديثة محل قدرتنا الذاتية على إيجاد اتجاهنا؟ دائرة معارف في اتسـاعه، في وضعـه علوم الفلك والمنـاخ والمحيطـات والأنثروبولوجيا بعضها مع بعض في نسيج واحد يجعلنا كتاب «الفن الضائع» في تحديد الاتجاه بأحذية الملاحين القدماء وسفنهم وزلاجاتهم والذين كان الاهتمام بالبيئة المحيطة بهم، حرفيا، مسألة حياة أو موت بالنسبة إليهم.

متأثرا بمصير شـابتين أبحرتا بزورقـي كاياك وضاعتا في الضبـاب الكثيف مقابل شـاطئ نانتوكيت، يرينا هوث كيـف نحدد اتجاهنا باسـتخدام الظواهر الطبيعية، وكيف اسـتعمل النرويجيون القدماء حجر الشـمس لاكتشاف الاستقطاب في الضوء، وكيـف تعلم التجار العرب الإبحار ضد الريح، وكيف اسـتخدم سـكان جزر المحيط الهادئ البريـق تحت الماء و«قـراءة» الأمواج لتوجيههم في رحلاتهم الاستكشـافية. يذكّرنـا هوث بأننا جميعنـا ملاحون قادرون على تعلم تقنيات تتراوح بين الأبسـط والأكثر تعقيدا في تحديد الاتجاه. حتى في هذه الأيام، فإن الملاحظة الدقيقة للشمس والقمـر والمد والجزر وتيـارات المحيط وتأثيرات الطقس والغـلاف الجوي يمكن أن تكون كل ما نحتاج إليه لتحديد اتجاهنا.

جاء الكتاب ثريا بنحو 200 شـكل، فوصْف هوث المؤثر لثقافات الملاحة سيجعل القارئ ينغمس في قصة، هي أطروحة علمية، وحكاية أسفار شخصية، وإحياء لتاريخ الملاحة في الوقت نفسه. يمكننا من خلال عيون الملاحين القدامى أن نرى عالمنا الخاص بشكل أوضح.

ISBN 978 - 99906 - 0 - 522 - 8